

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ЛУГАНСКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ**

В Е С Т Н И К

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

**«ЛУГАНСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени ВЛАДИМИРА ДАЛЯ»**

**№ 12(66)
2022**

**VI НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ МЕХАНИКИ ТЕКУЧИХ СРЕД»**

Луганск 2022

ВЕСТНИК

ЛУГАНСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ВЛАДИМИРА ДАЛЯ

№ 12 (66) 2022

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ОСНОВАН В 2015 ГОДУ
ВХОДИТ В БАЗУ
РИНЦ

ОСНОВАТЕЛЬ
ГОУ ВО ЛНР «ЛУГАНСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ВЛАДИМИРА ДАЛЯ

Журнал зарегистрирован в Министерстве информации,
печати и массовых коммуникаций
Серия № ПИ 000170 от 19 января 2021 г.

Свидетельство о государственной регистрации
Издателя, изготовителя и распространителя средства
массовой информации
МИ-СРГ ИД 000003 от 20 ноября 2015г.

Журнал включен в перечень научных изданий ВАК ЛНР (Приказ № 8-ОД от 8.01.19) в котором могут публиковаться результаты диссертационных работ на соискание ученой степени доктора и кандидата физико-математических, химических, технических, экономических, исторических, философских, филологических, юридических, педагогических, психологических, социологических наук.

ISSN 2522-4905

Главная редакционная коллегия :

Рябичев В.Д., докт. техн. наук, (главный редактор),
Гутько Ю.И., докт. техн. наук, (зам. главн. редактора),
Витренко В.А., докт. техн. наук (зам. главн. редактора),
Авершин А.А., канд. психол. наук,
Андрійчук Н.Д., докт. техн. наук,
Атоян А.И., докт. филос. наук,
Белых А.С., докт. пед. наук,
Бельдюгин В.А. канд. ист. наук,
Болдырев К.А., докт. экон. наук,
Будиков Л.Я., докт. техн. наук,
Губачева Л.А., докт. техн. наук,
Дейнека И.Г., докт. техн. наук,
Дрозд Г.Я., докт. техн. наук,
Ерошин С.С., докт. техн. наук,
Замота Т.Н., докт. техн. наук,
Исаев В.Д., докт. филос. наук,
Клименко А.С., докт. филол. наук,
Кривоколыско С.Г., докт. хим. наук,
Крохмалева Е.Г., канд. пед. наук,
Корсунов К.А., докт. техн. наук,
Лазор В.В., докт. юридич. наук,
Лазор Л.И., докт. юридич. наук,
Лустенко А.Ю., докт. филос. наук,

Ляпин В.П., докт. биол. наук,
Максимова Т.С., докт. экон. наук,
Максимов В.В., докт. экон. наук,
Мечетный Ю.Н., докт. мед. наук,
Мирошников В.В., докт. техн. наук,
Мортиков В.В., докт. экон. наук,
Нечаев Г.И., докт. техн. наук,
Панайотов К.К., канд. техн. наук,
Родионов А.В., докт. экон. наук,
Рябичева Л.А., докт. техн. наук,
Салита С.В., докт. экон. наук,
Санжаров С.Н., докт. ист. наук,
Свиридова Н.Д., докт. экон. наук,
Семин Д.А., докт. техн. наук,
Скляр П.П., докт. психол. наук,
Тарарычкин И.А., докт. техн. наук,
Тисунова В.Н., докт. экон. наук,
Утутов Н.Л., докт. техн. наук,
Фесенко Ю.П., докт. филол. наук,
Харьковский Р.Г. канд. ист. наук,
Шамшина И.И., докт. юридич. наук,
Шелюто В.М., докт. филос. наук,
Яковенко В.В., докт. техн. наук

Ответственный за выпуск: Малый В.В.

Рекомендовано в печать Ученым советом Луганского государственного университета имени Владимира Даля.
(Протокол № 1 от 4.10.2022 г.)

Материалы номера печатаются на языке оригинала.

VESTNIK

LUGANSK
VLADIMIR DAHL
STATE UNIVERSITY

№ 12 (66) 2022

THE SCIENTIFIC JOURNAL
WAS FOUNDED IN 2015
INCLUDED INTO THE BASE OF
RISC

FOUNDER
SEE HT LPR
«LUGANSK VLADIMIR DAHL
STATE UNIVERSITY»

Journal is registered by the Ministry of Information,
Publishing and Mass Communications
Series № PI 000170 of January, 19 2021

State Registration Certificate of Publisher, Producer
and Distributor of means of mass information

MI-SRG ID 000003 of November, 20 2015

СОДЕРЖАНИЕ

УЧЕТ ИЗМЕНЕНИЯ ШЕРОХОВАТОСТИ ВОДОПРОВОДЯЩИХ КАНАЛОВ В ПРОЦЕССЕ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ	
Алибеков А.К., Алибеков Г.А. -----	10
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМ VAV ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МРС-РЕГУЛЯТОРА	
Андрійчук В.Н., Соколов В.И., Андрійчук Н.Д. -----	14
ВОЗДУШНАЯ ХОЛОДИЛЬНАЯ УСТАНОВКА КАСКАДНОГО ОБМЕНА ДАВЛЕНИЕМ	
Брянцев М.А., Данилейченко А.А., Доценко Д.М., Антоненко Н.А. -----	20
ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ПНЕВМОГИДРАВЛИЧЕСКОГО АККУМУЛЯТОРА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЕГО ДЛЯ СОХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ УПРУГИХ ДЕФОРМАЦИЙ, НАКОПЛЕННОЙ К КОНЦУ РАБОЧЕГО ХОДА ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПРЕССА	
Гойдо М.Е. -----	26
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ПОДАЧЕЙ ОБЪЕМНОЙ ГИДРОМАШИНЫ	
Гусенцова Я.А., Бугаенко В.В., Кочнева О.В., Гончарова Н.В. -----	31
СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ВОДОУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА (СУСПЕНЗИИ)	
Гутько Ю.И., Капустин Д.А., Куценко А.В. -----	35
ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА РАБОТЫ ИНКУБАТОРА	
Жижкина Н.А., Редькин А.А. -----	41
ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЗВИТИЯ ПОЗНАВАТЕЛЬНОГО ИНТЕРЕСА У СТУДЕНТОВ ИТ-ПРОФИЛЯ	
Зинченко В.О., Суворова Е.Ю., Мальцев Я.И. -----	44
КРИТЕРИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ И ОПТИМАЛЬНЫЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ СТРУЙНОГО НАСОСА ГИДРОУДАРНОГО ЭЖЕКТОРНОГО СНАРЯДА ПРИ БУРЕНИИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СКВАЖИН	
Квенцель А.Л., Ремень В.И. -----	47
ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПАРОТУРБИННОГО УТИЛИЗАЦИОННОГО КОНТУРА ДЛЯ ПРИВОДА ПРОДУВОЧНОГО ВЕНТИЛЯТОРА ВОЛНОВОГО ОБМЕННИКА ДАВЛЕНИЯ СИСТЕМЫ НАДДУВА «COMPREX»	
Ковтун А.С., Бранспиз М.Ю., Бранспиз Е.В. -----	52
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ НАГНЕТАТЕЛЬНОЙ ЭРЛИФТНОЙ УСТАНОВКИ	
Кононенко А.П., Божко Р.И. -----	58
ИССЛЕДОВАНИЕ КОАГУЛЯЦИОННОЙ ОЧИСТКИ МАЛОМУТНЫХ ВОД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОЛЛОИДНЫХ БЕНТОНИТОВЫХ ГЛИН	
Крымов Р.С., Мельникова Н.С., Акимченко К.В. -----	61
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ФИЛЬТРОВ С ПЛАВАЮЩЕЙ ЗАГРУЗКОЙ	
Крымов Р.С., Мельникова Н.С., Дегтярев И. В. -----	66
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА АНАЭРОБНОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ВИНОДЕЛЬЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	
Крымов Р.С., Мельникова Н.С., Самсонова А.Г. -----	71
МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПНЕВМОТРАНСПОРТНЫХ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК	
Ленич С.В., Захарчук А.С. -----	77
ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ТРУБОПРОВОДНОГО ТРАНСПОРТА В ЗОНАХ КОНЦЕНТРАЦИИ МЕХАНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ	
Малахов О.В., Афанасьев А.А. -----	82
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ВНЕШНИХ ВИБРАЦИОННЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ НА РАБОЧИЕ ЭЛЕМЕНТЫ УЗЛА ТРЕНИЯ	
Малахова В.В. -----	85

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПОДАЧИ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА К УСТАНОВКАМ ДЛЯ ГАЗИФИКАЦИИ	
Нечаев Г.И., Чижевская Д.Ю., Никитин Ю.Н.	89
О ВЛИЯНИИ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КРОВИ НА КИНЕМАТИКУ ТРАКТА «ЛЕВЫЙ ЖЕЛУДОЧЕК-АОРТАЛЬНЫЙ КЛАПАН-АОРТА» СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА	
Сёмин Д.А., Левашов А.Н., Макарук В. В.	95
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ДИФFUЗОРОВ В ГИДРАВЛИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВАХ И СИСТЕМАХ	
Сёмин Д.А.	99
ПРОСТЫЕ ФИЛЬТРЫ В РЕШЕТКАХ	
Таращанский М.Т.	104
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ И АВТОМОБИЛЯ С ДВИГАТЕЛЕМ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ	
Турушина Н.В., Арешин А.А., Ивченко Т.Б.	107
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИГОДНОСТИ ПЛУНЖЕРНЫХ ПАР РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ТНВД К ДАЛЬНЕЙШЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ	
Тырловой С.И., Захарчук А.С., Илюхин А.Е.	111
ИССЛЕДОВАНИЕ ЛОКАЛЬНОЙ КИНЕМАТИКИ И НЕКОТОРЫХ АСПЕКТОВ ГИДРОДИНАМИКИ ПРИ КОНТАКТЕ ЗУБЬЕВ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ АРОЧНЫХ ПЕРЕДАЧ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ ЗАЦЕПЛЕНИЯ	
Малый Д.В., Таращанский М.Т., Чалая Е.Ю.	116
РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ОДНОКАНАЛЬНОГО ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ОЧИСТИТЕЛЯ	
Чебан В.Г.	121

ДРУГИЕ НАПРАВЛЕНИЯ НАУКИ

ЭСТЕЗИС СОЦИОКУЛЬТУРНОЙ НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ В СОВЕТСКОЙ ГОРОДСКОЙ ПРОЗЕ 60-80-Х ГОДОВ	
Артемова Ю.А.	125
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРОДАЖ МАЛОГО ПРЕДПРИЯТИЯ С ПОМОЩЬЮ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ	
Бихдрикер А.С., Чёрная А.М., Лисицына Т.В.	131
ФОРМИРОВАНИЕ ЛЕКСИЧЕСКИХ НАВЫКОВ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ ИНОСТРАННОМУ ЯЗЫКУ В ДИСТАНЦИОННОМ ФОРМАТЕ	
Бородина А.Н.	136
ПОДХОДЫ К ФОРМИРОВАНИЮ ИННОВАЦИОННОЙ ПОЛИТИКИ РЕГИОНА	
Бочкова М.А.	140
ИНСТИТУТ МЕСТНОГО САМОУПРАВЛЕНИЯ ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ В СИСТЕМЕ ОРГАНОВ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ВЛАСТИ РФ	
Братковский М.Л., Стрельцова Н.Л.	144
РОЛЬ СЕТИ ИНТЕРНЕТ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ВКЛЮЧЕННОСТИ МОЛОДЕЖИ В СПОРТИВНУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ	
Герасимов М.В.	149
ФОРМАЦИОННЫЙ И ЦИВИЛИЗАЦИОННЫЙ ПОДХОДЫ В ИЗУЧЕНИИ ОБЩЕСТВЕННЫХ ОТНОШЕНИЙ	
Германенко О.Н.	154
ИССЛЕДОВАНИЕ КРИЗИСНЫХ ЯВЛЕНИЙ И АСПЕКТОВ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ АНТИКРИЗИСНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ	
Горобец Л.С.	157

ЛИНГВОДИДАКТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ФОРМИРОВАНИЯ КОММУНИКАТИВНОЙ КОМПЕТЕНЦИИ ИНОСТРАННОГО ЯЗЫКА У СТУДЕНТОВ НЕЯЗЫКОВЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА	
Гребеник И.А.	167
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ И МАТЕРИАЛОВ, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ В ОБЛАСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СПЕЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТНОЙ ОДЕЖДЫ ПОЖАРНЫХ	
Дейнека И.Г., Родионова Н.Н., Ермоленко М.В.	171
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ И ТРОЙНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ БИОРИТМОВ	
Коваленко В.И.	177
ОЦЕНКА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПАРЫ ТРЕНИЯ КОЛЕСО РЕЛЬС С ЧАСТИЦЕЙ АБРАЗИВА В ЗОНЕ КОНТАКТА	
Костюченко Д.Н., Малов В.А.	196
САУ КАЧЕСТВОМ И РАСХОДОМ ВОЗДУХА В ВЕНТИЛИРУЕМОМ ПОМЕЩЕНИИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КОНЦЕНТРАЦИИ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА	
Кратинев А.Г., Сухов Д.А.	199
ДАТЧИК КОНТРОЛЯ ДЕФЕКТОВ И ТОЛЩИНЫ СТенок ЦИЛИНДРОВ	
Ливцов Ю.В., Яковенко В.В., Додонов В.И.	206
ОСОБЕННОСТЬ ФОРМИРОВАНИЯ ЛИЧНОСТНОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ В НАЧАЛЬНОЙ ШКОЛЕ	
Лихачёва Е.М., Ищенко Е.А.	210
НОНКОНФОРМИЗМ КАК КОНТЕКСТ ПОЛИТИЧЕСКОГО И УСЛОВНОГО ПОСТМОДЕРНА	
Лугуценко Т.В., Пиченикова С.Г.	214
К РАСЧЕТУ НАПРЯЖЕННОСТИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ, ИНДУЦИРОВАННОГО ФЕРРОМАГНИТНЫМИ ТЕЛАМИ В СЕРДЕЧНИКАХ ФЕРРОЗОНДОВ	
Мирошниченко О.Н., Шатова Н.А., Рубинская И.Ю.	218
АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ТРАНСПОРТА	
Михайлова И.Г.	221
ФОРМИРОВАНИЕ МОДЕЛИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА КРИЗИСА В КОНТЕКСТЕ АНТИКРИЗИСНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫМИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ	
Мызников И.А.	225
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ УПРАВЛЕНИЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬЮ В УСЛОВИЯХ ТРАНСФОРМАЦИИ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ	
Оникеев Ю.А.	231
РАЗРАБОТКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ОСНОВЕ ФИЗИЧЕСКОГО ПОДХОДА	
Панков А.А., Нечаев Г.И., Бибик Е.Ю., Михайлова И.Г.	235
ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАГНИТНЫХ ПАРАМЕТРОВ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ГЛАДКОСТВОЛЬНОЙ ПУШКИ 2А46М БОЕВОГО ТАНКА Т-72Б3 РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ	
Парсентьев О.С.	239
РАЗВИТИЕ ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ И САМОСТОЯТЕЛЬНОСТИ МЛАДШИХ ШКОЛЬНИКОВ В ХОДЕ РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМНО-ДЕЯТЕЛЬНОСТНОГО ПОДХОДА	
Полтавская Н.А., Ищенко Е.А.	252
РОЛЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ МОБИЛЬНОСТИ В ПРОФЕССИОНАЛИЗМЕ И КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ СОВРЕМЕННОГО СПЕЦИАЛИСТА	
Присянникова Т.Ф.	256
КОАГУЛЯЦИЯ МЕЛКОГАБАРИТНЫХ ПЛОСКОСТНЫХ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ВИБРООБРАБОТКЕ И ДИНАМИКА РАЗРУШЕНИЯ ИХ ПАКЕТОВ И СВОДОВ	
Рубаненко В.Ю., Мицык В.Я., Шенкман Г.Л.	261

ФИНАНСОВЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ КОММЕРЧЕСКОГО СЕКТОРА РФ	
Рябичев В.Д., Денисенко И.А., Пономарёв А.А.	265
АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ ЛИТЕЙНЫХ СВЯЗУЮЩИХ В СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ ЛИТЬЯ, ПРОБЛЕМА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ	
Свиногоев Ю.А., Гутько Ю.И.	272
ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ОТЛИВОК С ПРИМЕНЕНИЕМ СВЯЗУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ РЕСУРСНОЙ БАЗЫ, ИСПОЛЬЗУЮЩИЕ БЕНТОНИТОВУЮ ГЛИНУ И ФОСФАТЫ	
Свиногоев Ю.А., Рябичев В.Д., Гутько Ю.И.	279
ФИЛОСОФЕМЫ В.С. СОЛОВЬЕВА В МИФОПОЭТИКЕ СЕРГЕЯ КЛЫЧКОВА	
Чернов А.А.	285
ПРОБЛЕМЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПОДХОДОВ К ФИНАНСИРОВАНИЮ АДМИНИСТРАТИВНО-ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ ЕДИНИЦ	
Шаповалова С.М.	291
МОДЕЛИРОВАНИЕ АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ЗВЕНА СФЕРИЧЕСКОЙ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ПАРЫ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ	
Шульгин С.К., Синепольский Д.О.	296

CONTENTS

ACCOUNTING FOR CHANGES IN THE ROUGHNESS OF WATER-CONDUCTING CHANNELS IN THE PROCESS OF THEIR OPERATION Alibekov A.K., Alibekov G.A. -----	10
IMPROVING REGULATION PROCESSES OF VAV VENTILATION SYSTEMS USING MPC CONTROLLER Andriichuk V.N., Sokolov V.I., Andriichuk N.D. -----	14
CASCADE PRESSURE EXCHANGE AIR REFRIGERATION UNIT Bryantsev M.A., Danileychenko A.A., Dotsenko D.M., Antonenko N.A. -----	20
CHOICE OF PARAMETERS OF PNEUMOHYDRAULIC ACCUMULATOR WHEN USING IT FOR CONSERVATION ENERGY OF ELASTIC DEFORMATIONS, ACCUMULATED TO THE END OF THE WORKING STROKE OF THE HYDRAULIC PRESS Goydo M.E. -----	26
MATHEMATICAL MODEL OF FEED CONTROL VOLUMETRIC HYDRAULIC MACHINE Gusentsova Ya., Bugaenko V., Kochneva O., Goncharova N. -----	31
MODERN TRENDS IN IMPROVING THE TECHNOLOGY OF WATER-COAL FUEL (SUSPENSION) Gutko Yu.I., Kapustin D.A., Kushchenko A.V. -----	35
INVESTIGATION OF THE THERMAL MODE OF OPERATION OF THE INCUBATOR Zhizhkina N.A., Redkin A.A. -----	41
PEDAGOGICAL CONDITIONS FOR THE DEVELOPMENT OF COGNITIVE INTEREST IN IT STUDENTS Zinchenko V.O., Suvorova E.Yu., Maltsev Y.I. -----	44
PERFORMANCE CRITERIA AND OPTIMAL GEOMETRIC PARAMETERS OF A JET PUMP OF A HYDRAULIC IMPACT EJECTOR PILOT WHEN DRILLING ENGINEERING AND GEOLOGICAL WELLS Kventsel A.L., Remen V.I. -----	47
THE APPLICATION PROSPECT OF STEAM TURBINE UTILIZATION CIRCUIT FOR BLOWING FAN DRIVE UNIT OF WAVE PRESSURE EXCHANGER OF COMPREX SUPERCHARGING SYSTEM Kovtun A.S., Branspiz M.Yu., Branspiz E.V. -----	52
EXPERIMENTAL STUDIES OF THE OPERATION OF THE INJECTION AIRLIFT UNIT Kononenko A., Bozhko R. -----	58
INVESTIGATION OF COAGULATION PURIFICATION OF LOW-TURBIDITY WATERS USING COLLOIDAL BENTONITE CLAYS Krymov R.S., Melnikova N.S., Akimchenko K.V. -----	61
IMPROVING THE EFFICIENCY OF TREATMENT FACILITIES WHEN USING FILTERS WITH FLOATING LOADING Krymov R.S., Melnikova N.S., Degtyarev I. V. -----	66
INVESTIGATION OF THE PROCESS OF ANAEROBIC WASTEWATER TREATMENT OF THE WINE INDUSTRY Krymov R.S., Melnikova N.S., Samsonova A.G. -----	71
THE METHOD OF PNEUMATIC TRANSPORT MILLS COMPUTATION Lenich S.V., Zakharchuk A.S. -----	77
ASSESSMENT OF THE STRESS STATE OF PIPELINE TRANSPORT ELEMENTS IN AREAS OF MECHANICAL STRESS CONCENTRATION Malakhov O.V., Afanasiev A.A. -----	82
EXPERIMENTAL STUDIES OF THE INFLUENCE OF EXTERNAL VIBRATION DISTURBANCES ON THE WORKING ELEMENTS OF THE FRICTION UNIT Malakhova V.V. -----	85
IMPROVING THE EFFICIENCY OF OPERATION OF THE DEVICE FOR SUPPLYING SOLID FUEL TO GASIFICATION PLANTS Nechayev G., Chizhevskaya D., Nikitin Yu. -----	89

ON THE INFLUENCE OF BLOOD RHEOLOGICAL PROPERTIES ON THE KINEMATICS OF THE LEFT VENTRICLE-AORTAL VALVE-AORTA TRACT OF THE HUMAN CARDIOVASCULAR SYSTEM Syomin D.A., Levashov A.N., Makaruk V.V.	95
THE EFFECTIVENESS OF THE USE OF DIFFUSERS IN HYDRAULIC DEVICES AND SYSTEMS Syomin D.A.	99
PRIME FILTERS IN LATTICES Tarashchanskii M.T.	104
COMPARATIVE ANALYSIS OF AN ELECTRIC VEHICLE AND A CAR WITH AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE Turushina N.V., Areshin A.A., Ivchenko T.B.	107
DETERMINATION OF THE SUITABILITY OF PLUG PAIRS DISTRIBUTION INJECTION PUMP FOR FURTHER OPERATION Tyrlovoy S.I., Zakharchuk A.S., Ilyuhin A.E.	111
INVESTIGATION OF LOCAL KINEMATICS AND SOME ASPECTS OF HYDRODYNAMICS AT THE CONTACT OF TEETH OF CYLINDRICAL ARCH GEARS OF VARIOUS GEARING SYSTEMS Maliy D.V., Tarashchanskii M.T., Chalaya E.U.	116
DEVELOPMENT OF THE DESIGN OF A SINGLE-CHANNEL HYDRODYNAMIC CLEANER Cheban V.G.	121
AESTHESIS OF SOCIOCULTURAL INCERTITUDE IN SOVIET TOWN PROSE OF 60-80-TH YEARS Artemova Ju.A.	125
FORECASTING SMALL BUSINESS SALES USING MACHINE LEARNING Bikhdriker A.S., Chernaya A.M., Lysytsyna T.V.	131
FORMATION OF LEXICAL SKILLS IN THE PROCESS OF TEACHING A FOREIGN LANGUAGE IN A DISTANCE LEARNING FORMAT Borodina A.N.	136
APPROACHES TO THE FORMATION OF INNOVATION POLICY OF THE REGION Bochkova M.A.	140
INSTITUTE OF LOCAL SELF-GOVERNMENT OF THE DONETSK PEOPLE'S REPUBLIC IN THE SYSTEM OF STATE AUTHORITIES OF THE RUSSIAN FEDERATION Bratkovsky M.L., Streltsova N.L.	144
THE ROLE OF THE INTERNET IN ENSURING THE INVOLVEMENT OF YOUNG PEOPLE IN SPORTS ACTIVITIES Gerasimov M.V.	149
FORMATIONAL AND CIVILIZATIONAL APPROACHES IN THE STUDY OF SOCIAL RELATIONS Germanenko O.	154
INVESTIGATION OF CRISIS PHENOMENA AND ASPECTS OF ECONOMIC CHARACTERISTICS OF ENTERPRISE CRISIS MANAGEMENT IN MODERN CONDITIONS Gorobets L.S.	157
LINGUODIDACTIC TECHNOLOGIES FOR A COMMUNICATIVE FOREIGN LANGUAGE COMPETENCE FORMATION AMONG STUDENTS OF NON-LINGUISTIC SPECIALTIES OF THE TECHNICAL UNIVERSITY Grebenik I.A.	167
THE CURRENT STATE OF REGULATORY AND TECHNICAL DOCUMENTATION AND MATERIALS USED IN THE DESIGN OF SPECIAL PROTECTIVE CLOTHING FOR FIREFIGHTERS Deineka I.G., Rodionova N.N., Ermolenko M.V.	171
MATHEMATICAL REPRESENTATION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN BLOOD PRESSURE AND TRIPLE INFLUENCE OF BIORHYTHMS Kovalenko V.I.	177
EVALUATION OF THE INTERACTION OF A WHEEL RAIL FRICTION PAIR WITH AN ABRASIVE PARTICLE IN THE CONTACT ZONE Kostyuchenko D.N., Malov V.A.	196

ACS FOR THE QUALITY AND AIR CONSUMPTION IN A VENTILATED ROOM CONTROLLED BY CARBON DIOXIDE CONCENTRATION	
Kratinov A.G., Sukhov D.A. -----	199
SENSOR FOR MONITORING DEFECTS AND CYLINDER WALL THICKNESS	
Livtsov YU.V., Yakovenko V.V., Dodonov V.I. -----	206
PECULIARITIES OF FORMING PERSONAL COMPETENCE OF STUDENTS IN PRIMARY SCHOOL	
Likhacheva E.M., Ishchenko E.A. -----	210
NONCONFORMISM AS A CONTEXT OF POLITICAL AND CONDITIONAL POSTMODERNISM	
Lugutsenko T.V., Pichenikova S.G. -----	214
TO CALCULATE THE MAGNETIC FIELD STRENGTH INDUCED BY FERRO-MAGNETIC BODIES IN THE CORES OF FERROSONDES	
Miroshnichenko O.N., Shatova N.A., Rubinskaya I.Yu. -----	218
ANALYSIS OF INDICATORS AND METHODS OF DETERMINATION TRANSPORT EFFICIENCY	
Mihajlova I.G. -----	221
FORMATION OF A CRISIS LIFE CYCLE MODEL IN THE CONTEXT OF ANTI-CRISIS MANAGEMENT OF INDUSTRIAL ENTERPRISES OF THE DONETSK PEOPLE'S REPUBLIC	
Myznikov I.A. -----	225
USING EFFECTIVE TOOLS MANAGEMENT OF REGIONAL COMPETITIVENESS IN THE CONDITIONS OF TRANSFORMATION OF SOCIO-ECONOMIC SYSTEMS	
Onikiychuk Yu. A. -----	231
DEVELOPMENT OF COMPETITIVENESS INDICATORS MOTOR TRANSPORT COMPANIES BASED ON A PHYSICAL APPROACH	
Pankov A.A., Nechaev G.I., Bibik E.Yu., Mihajlova I.G. -----	235
DETERMINATION OF MAGNETIC PARAMETERS OF THE MATEMATICAL MODEL OF THE 2A46M SMOOTH-BORE GUN BATTLE TANK T-72BZ OF THE RUSSIAN FEDERATION	
Parsentev O.S. -----	239
DEVELOPMENT OF COGNITIVE ACTIVITY AND INDEPENDENCE OF YOUNGER SCHOOLCHILDREN DURING THE IMPLEMENTATION OF THE SYSTEM-ACTIVITY APPROACH	
Poltavskaya N.A., Ishchenko E.A. -----	252
ROLE OF PROFESSIONAL MOBILITY IN THE PROFESSIONALISM AND COMPETITIVENESS OF A MODERN SPECIALIST	
Prosyannikova T.F. -----	256
COAGULATION OF SMALL-SIZED PLANAR PARTS DURING VIBRATION TREATMENT AND DYNAMICS OF DESTRUCTION OF THEIR PACKAGES AND ARCHES	
Rubanenko V. Yu., Mitsyk V. Y., Shenkman G. L. -----	261
FINANCIAL INSTRUMENTS FOR INCREASING THE EFFICIENCY OF THE ACTIVITY OF ENTERPRISES IN THE COMMERCIAL SECTOR OF THE RUSSIAN FEDERATION	
Ryabichev V.D., Denisenko I.A., Ponomarev A.A. -----	265
ANALYSIS OF THE STATE OF PRACTICAL APPLICATION OF FOUNDRY BINDERS IN MODERN TECHNOLOGICAL CASTING PROCESSES, THE PROBLEM OF TECHNOLOGICAL SAFETY	
Svinoroev Yu.A., Gutko Yu.I. -----	272
PROMISING TECHNICAL SOLUTIONS FOR THE PRODUCTION OF CASTINGS USING BINDING MATERIALS BASED ON THE DOMESTIC RESOURCE BASE, USING BENTONITE CLAY AND PHOSPHATES	
Svinoroev Yu.A., Ryabichev V.D., Gutko Yu.I. -----	279
V.S. SOLOVYOV 'S PHILOSOPHEMES IN SERGEY KLYCHKOV 'S MYTHOPOETICS	
Chernov A.A. -----	285
PROBLEMS OF IMPROVING APPROACHES TO FINANCING ADMINISTRATIVE-TERRITORIAL UNITS	
Shapovalova S.M. -----	291
MODELING OF AN ADAPTIVE ARTIFICIAL NEURAL NETWORK BASED POSITIONING SYSTEM FOR SPHERICAL KINEMATIC PAIR LINK	
Shul'gin S.K., Sinopol'skij D.O. -----	296

УДК 627.132:532.543

УЧЕТ ИЗМЕНЕНИЯ ШЕРОХОВАТОСТИ ВОДОПРОВОДЯЩИХ КАНАЛОВ В ПРОЦЕССЕ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Алибеков А.К., Алибеков Г.А.

ACCOUNTING FOR CHANGES IN THE ROUGHNESS OF WATER-CONDUCTING CHANNELS IN THE PROCESS OF THEIR OPERATION

Alibekov A.K., Alibekov G.A.

В работе установлен характер влияния переменной шероховатости водопроводящих трапециевидальных каналов в выемке в земляном русле на пропускную способность и другие параметры канала. На стадии проектирования рекомендуется оценить величину шероховатости каналов путем технико-экономического сравнения вариантов. Учитывая многомерность рассматриваемых задач в конкретных случаях необходимо проводить аналогичные приведенным в работе расчеты. Объем выемки грунта между урезом воды и линией бровки канала составляет существенную долю и его необходимо обязательно учитывать.

Ключевые слова: водопроводящий канал, земляное русло, шероховатость, выемка грунта, трапециевидальная форма.

Введение. Каналы являются одними из важных водохозяйственных объектов по причине необходимости обеспечения надежной подачи воды различным потребителям. В частности, в зонах выпадения недостаточного количества осадков без поливной воды совсем не возможно получение хоть какого-то урожая. Среди способов доставки воды потребителю одним из экономичных вариантов является трассирование каналов в земляном неукрепленном русле [3 и др.]. С другой стороны, такие каналы особенно при глубинах менее 0,4 м подвержены сильному зарастанию, способствующему увеличению сопротивления транспортировке воды и уменьшению пропускной способности канала. В таких условиях порой приходится остановить подачу воды и приступить к очистке канала в самый неподходящий момент сезона выполнения с/х работ. Поэтому проблема сохранения первоначальной пропускной способности водопроводящих каналов в процессе эксплуатации является весьма актуальной задачей.

Цель исследования состояла:

- в оценке влияния шероховатости водопроводящих каналов трапециевидальной формы сечения на их пропускную способность и другие параметры,
- в обосновании необходимости учета на стадии выполнения проектных работ переменной

шероховатости каналов, проходящих в выемке в земляном русле.

Изложение основных материалов. В качестве объекта исследования выбран канал трапециевидальной формы поперечного сечения в земляном русле в выемке (рис. 1).

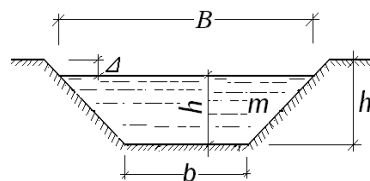


Рис. 1. Схема канала в выемке

При проектировании таких канала находят размеры сечения, продольный уклон дна i , среднюю v и допускаемые скорости, объем выемки грунта W , глубину наполнения h , ширину по основанию b и другие параметры, необходимые для пропуска требуемого расхода Q . Основным здесь является уравнение равномерного движения [1, 5]:

$$Q = \omega C \sqrt{Ri}, \quad (1)$$

где ω — площадь живого сечения, $\omega = (b + mh)h$;

m — коэффициент заложения откосов;

C — коэффициент Шези, по формуле Н.Н. Павловского:

$$C = \frac{1}{n} R^y, \quad (2)$$

n — коэффициент шероховатости ложа русла;

R — гидравлический радиус, $R = \omega/\chi$;

y — показатель степени,

$$y = 2,5\sqrt{n} - 0,13 - 0,75\sqrt{R}(\sqrt{n} - 0,1); \quad (3)$$

χ — смоченный периметр, $\chi = b + 2h(1 + m^2)^{0,5}$.

Необходимо также иметь в виду, что устойчивость русла и стоимость возведения канала в существенной степени зависят от выбора отношения относительной ширины канала по дну $\beta = b/h$ и соотношения уклонов местности i_m по трассе канала и продольного уклона дна i . В настоящей работе будем рассматривать случай $i_m = i$. На практике также часто приходится сталкиваться с задачами, когда необходимо определить величины b , h и i при заданных или предварительно установленных значениях Q , m , n .

Строительная глубина канала (глубина выемки грунта h_1) должна быть больше максимальной расчетной глубины воды h на величину запаса Δ :

$$h_1 = h + \Delta.$$

Рекомендуемые значения $\beta = b/h$, Δ , n и m приведены в [2, 4]. С целью удобства выполнения расчетов на ЭВМ табличные данные из [4] для нахождения Δ аппроксимированы зависимостью [2]:

$$\Delta = 0,2 + 0,008Q - 0,00004Q^2. \quad (4)$$

Полный объем выемки грунта для возведения канала складывается из объема, определяемого живым сечением, и дополнительного объема выемки грунта W_d между урезом воды и линией бровки (рис. 1):

$$W = \omega \cdot l + W_d, \quad (6)$$

где l – протяженность канала,

$$W_d = \Delta \cdot l(b + 2mh + m \cdot \Delta). \quad (7)$$

Согласно вышеприведенным зависимостям задача оценки степени влияния шероховатости русла на пропускную способность канала является многомерной задачей и поэтому в расчетах значения некоторых параметров пришлось принять постоянными: длина канала $l = 1000$ м, $b = 1,5$ м, $i = 0,0003$, $m = 1,5$. Всего рассчитано более 60 вариантов каналов при $h = 1,5$ м, $Q = 1, 3$ и 6 м³/с и $n = 0,01, 0,015, 0,02, 0,025, 0,03, 0,035, 0,04$.

При указанных значениях исходных данных рассчитаны значения параметров: h , ω , χ , R , C , Δ , h_1 , $B = b + 2mh$, $B_1 = B + 2m\Delta$, W_d , W , средней скорости потока $v = Q/\omega$ для трех вариантов (при $Q = 1, 3$, и 6 м³/с).

Результаты исследований. В результате проведения расчетов и обработки данных были построены основные графические зависимости, которые представлены на рис. 2 - 6.

Зависимость пропускной способности канала от шероховатости, представленная на рисунке 2, получилась ожидаемой: с увеличением шероховатости n расход Q уменьшается. Это очевидно и из (1) и (2), особенно если принять $y = 1/6$ как в формуле Маннинга: во сколько раз увеличится шероховатость, примерно во столько раз же уменьшится расход воды в канале.

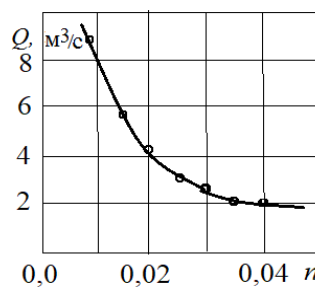


Рис. 2. Зависимость $Q = f(n)$

Отсюда вытекает соответствующий характер изменения средней скорости: с увеличением сопротивления движению скорость уменьшается (рис. 3). В практическом плане такие графики полезны проектировщику для оценки соблюдения граничных условий: средние скорости для каналов в земляном русле должны оставаться в диапазоне не менее незаиляющих и не более размывающих.

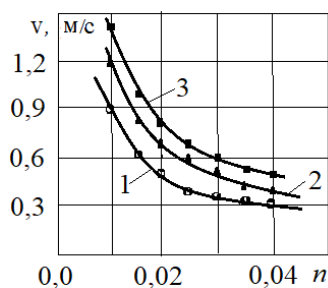


Рис. 3. Зависимость $v = f(n)$: 1 - $Q = 1$ м³/с, 2 - $Q = 3$ м³/с, 3 - $Q = 6$ м³/с

Существенным представляется рис. 4, который указывает на увеличение глубины выемки грунта с ростом шероховатости при условии обеспечения требуемого постоянного расхода.

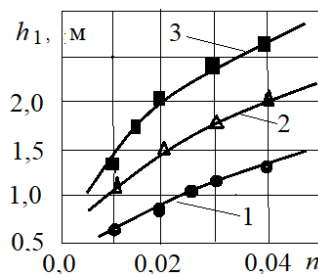


Рис. 4. Зависимость $h_1 = f(n)$: 1 - $Q = 1$ м³/с, 2 - $Q = 3$ м³/с, 3 - $Q = 6$ м³/с

Например, при благоприятных условиях работы канала коэффициент шероховатости $n = 0,025$ [4]. Для пропуска расхода $Q = 3,0$ м³/с глубина выемки грунта получается $h_1 = 1,54$ м (рис. 4, 2). Допустим, что в процессе эксплуатации в

силу разных причин (зарастания, загрязнения и др.) шероховатость увеличилась до 0,04. Тогда при $n = 0,04$ из рисунка 4,2 глубина выемки должна быть $h_1 = 2,0$ м.

Поскольку канал уже запроектирован и построен при шероховатости $n = 0,025$, то в новых условиях при $n = 0,04$ пропустится меньше воды, что недопустимо. Остается чистить канал или первоначально запроектировать на худший случай $n = 0,04$.

Возникает вопрос: в общем случае какой коэффициент шероховатости принять на стадии проектирования? Одним из вариантов ответа видится в технико-экономическом сравнении вариантов: проектировать канал с большой глубиной выемки грунта и почти минимальными затратами на очистку русла водотока. Или же проектировать канал с меньшей глубиной выемки, но предусмотреть определенные затраты на периодическую очистку канала.

Определяющим стоимость возведения канала в выемке в земляном русле является объем выемки грунта W . Наличие соответствующих графиков по объемам работ (рис. 5) окажет существенную помощь хотя бы на стадии эскизного проекта.

При получении расчетных зависимостей для гидравлически наивыгоднейшего профиля трапецидального канала, в исследованиях других авторов практически не обращают внимания на дополнительный объем выемки грунта W_d , заключенным между урезом воды и линией бровки канала. Оценка этой величины в процентах от полного объема выемки грунта W представлена на рис. 6.

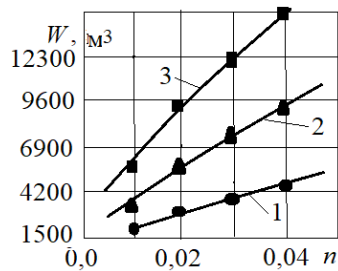


Рис. 5. Зависимость $W = f(n)$: 1 - $Q = 1 \text{ м}^3/\text{с}$, 2 - $Q = 3 \text{ м}^3/\text{с}$, 3 - $Q = 6 \text{ м}^3/\text{с}$

Согласно результатам расчетов доля W_d колеблется от 15 % до 40 % в зависимости от шероховатости, расхода и значений других параметров. Это очень существенно влияет на стоимость возведения канала.

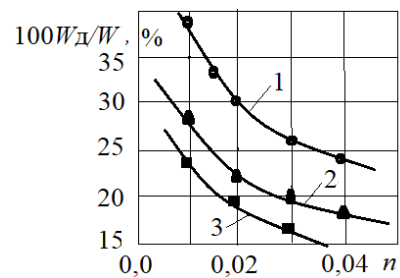


Рис. 6. Зависимость $100W_d/W = f(n)$: 1 - $Q = 1 \text{ м}^3/\text{с}$, 2 - $Q = 3 \text{ м}^3/\text{с}$, 3 - $Q = 6 \text{ м}^3/\text{с}$

Выводы. По результатам проведенных исследований можно заключить следующее.

1) Поставленные задачи являются многомерными, в силу чего результаты исследований частично носят качественный характер и при отличных от вышеприведенных значений параметров аналогичные расчеты надо выполнять для конкретных случаев.

2) С увеличением шероховатости русла в процессе эксплуатации канала величины расходов и средних скоростей потока уменьшаются, а при условии сохранения постоянства расхода глубины воды и объемы выемки грунта растут.

3) На стадии проектирования шероховатость надо принять на основе технико-экономического сравнения области между крайними случаями: с большой шероховатостью (большой глубиной выемки грунта) при минимальных затратах на очистку русла водотока и проектированием канала меньшей глубины с периодической чисткой канала.

4) Доля выемки грунта в объеме, заключенным между урезом воды и линией бровки канала, является существенной и его учет позволит более объективно оценить затраты на строительство канала.

Л и т е р а т у р а

1. Алибеков А.К. Основы гидравлики: теория и практика Учебное пособие. – Махачкала: ФГБОУ ВО «ДГТУ», 2016. – 172 с.
2. Алибеков А.К., Гасанов К.А. Проектирование каналов в земляном русле с оптимальными параметрами: Учебное пособие. – Махачкала: ФГБОУ ВПО «ДГТУ», 2013. – 116 с.
3. Патрина М. Ю. Оптимизация параметров трапецидальных оросительных каналов в земляном русле: Дис. ... канд. техн. наук. – СПб, 1999. – 138 с.
4. СП 100.13330.2016 Мелиоративные системы и сооружения: Актуализированная редакция СНиП 2.06.03-85. – М.: МИНСТРОЙ РОССИИ, 2016. – 231 с.
5. Чугаев Р. Р. Гидравлика (техническая механика жидкости): учебник – М.: Бастет, 2008. – 672 с.

Alibekov A.K., Alibekov G.A.
**ACCOUNTING FOR CHANGES IN THE ROUGHNESS
OF WATER-CONDUCTING CHANNELS IN THE
PROCESS OF THEIR OPERATION**

The paper establishes the nature of the influence of the variable roughness of water-carrying trapezoidal channels in a recess in an earthen channel on the throughput and other parameters of the channel. At the design stage, it is recommended to evaluate the channel roughness value by means of a technical and economic comparison of options. Considering the multidimensional nature of the problems under consideration, in specific cases, it is necessary to carry out calculations similar to those given in the work. The volume of excavation between the water's edge and the edge of the canal is a significant proportion and must be taken into account.

Key words: water-carrying channel, earthen channel, roughness, excavation, trapezoidal shape.

Алибеков Али Казибекович, к.т.н., доцент кафедры «Нефтегазовое дело» ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет», г. Махачкала.

E-mail: ali.dgtu@rambler.ru.

Alibekov Ali Kazibekovich, Ph.D. Associate Professor, Department of Oil and Gas Well Drilling, Dagestan State Technical University, Makhachkala.

Алибеков Гайдар Алиевич, соискатель, факультет нефти, газа и природообустройства, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет», г. Махачкала.

E-mail: galibekov@inbox.ru

Alibekov Gaydar Alievich, applicant, faculty of oil, gas and environmental management, FSBEI HE "Dagestan State Technical University", Makhachkala.

Рецензент: Агаханов Элифхан Керимханович, д.т.н., профессор, зав. кафедрой транспортных сооружений и строительных материалов Дагестанского государственного технического университета.

Статья подана 10.12.2022

УДК 697

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМ VAV ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ MPC-РЕГУЛЯТОРА

Андрійчук В.Н., Соколов В.И., Андрійчук Н.Д.

IMPROVING REGULATION PROCESSES OF VAV VENTILATION SYSTEMS USING MPC CONTROLLER

Andriichuk V.N., Sokolov V.I., Andriichuk N.D.

Работа посвящена вопросу совершенствования процессов регулирования вентиляционных систем VAV использованием MPC-регулятора. Для проведения исследований рассмотрены особенности проектирования вентиляционных систем VAV и принципы построения систем управления на основе прогнозирующих моделей с MPC-регулятором. Отмечено, что данные системы работают в режиме переменного количества подаваемого воздуха, а изменения тепловой нагрузки помещений или зон компенсируются путем изменения фактического количества приточного и вытяжного воздуха при его постоянной температуре, поступающего из центральной приточной установки. Изложен принцип адаптивного прогнозирующего управления с использованием MPC-регулятора, структура регулятора и подход к выбору оптимальных значений управляющего сигнала. Исследование процессов регулирования вентиляционных систем VAV использованием MPC-регулятора проведено на примере приточной вентиляционной системы учебной аудитории в осенне-весенний период, которая поддерживает заданный температурный режим в помещении путем изменения объема подаваемого нагретого воздуха. Для моделирования системы в среде Simulink пакета прикладных программ MATLAB разработана блок-диаграмма, для синтеза MPC-регулятора использован набор программных инструментов Model Predictive Control Toolbox. Проведено исследование переходных процессов в вентиляционной системе VAV без регулятора, с ПИД-регулятором и MPC-регулятором. Сравнение результатов показало, что использование MPC-регулятора позволяет усовершенствовать процессы регулирования за счет увеличения быстродействия и уменьшения перерегулирования, что повышает качество регулирования параметров микроклимата и улучшает эксплуатационные характеристики вентиляционных систем.

Ключевые слова: вентиляционная система VAV, прогнозирующая модель, MPC-регулятор, горизонт прогнозирования, горизонт управления, переходной процесс.

Введение. Вентиляционные системы являются составной частью любого здания или сооружения, которые поддерживают состояние воздушной среды, благоприятной для пребывания в них человека и выполнения технологических процессов

[1-5]. Для эффективного управления системами вентиляции необходимо вести оперативный контроль параметров микроклимата и состояния параметров исполнительных механизмов, а также формировать разные режимы работы оборудования в соответствии с внешними и внутренними факторами (температура и влажность воздуха, загруженность помещений, концентрация вредных веществ) [6, 7]. Чаще всего, такое задание возникает в переходной период, когда диапазон изменения температуры варьируется в больших границах.

Актуальность задачи. Доля затрат на проектирование и установку вентиляционных систем может составлять 10-15% от стоимости сооружений, а эксплуатационные расходы в ряде случаев достигают половины затрат от общих. Поэтому, при разработке вентиляционных систем особое внимание уделяется их эксплуатационным характеристикам и, прежде всего, энергетической эффективности при соблюдении требований точности контролируемых параметров микроклимата [8, 9].

В этой связи, в настоящее время для поддержания тепловых режимов в зданиях и сооружениях получили распространение вентиляционные системы VAV с переменным расходом воздуха (Variable Air Volume – переменный объем воздуха) [10, 11]. Такие системы работают в режиме переменного количества подаваемого воздуха, а изменения тепловой нагрузки помещений или зон компенсируются путем изменения фактического количества приточного и вытяжного воздуха при его постоянной температуре, поступающего от центральной приточной установки. Поэтому вентиляционная система VAV работает при общем расходе воздуха меньшем, чем необходимо в случае суммарной максимальной тепловой нагрузки для каждого отдельного помещения или зоны. Это обеспечивает уменьшение энергетических затрат при заданных параметрах воздуха внутри помещений. Снижение потребления энергии может достигать 25% и более в сравнении с

вентиляционными системами, работающими при постоянном расходе воздуха [12, 13].

Для улучшения эксплуатационных характеристик вентиляционных систем важным является правильное построение автоматизированных систем управления микроклиматом. Развитие микропроцессорной техники позволяет в режиме реального времени использовать для решения задач управления сложными нелинейными объектами методы, основанные на математических методах оптимизации, одним из которых является управление на основе прогнозирующих моделей (Model Predictive Control – MPC) с MPC-регулятором [14-16]. Идея адаптивного прогнозирующего управления заключается в нахождении оптимальной последовательности управляющих воздействий, которые устанавливаются MPC-регулятором и обеспечивают наилучшую траекторию изменения выходного параметра на определенном горизонте прогнозирования.

Целью работы является совершенствование процессов регулирования вентиляционных систем VAV использованием MPC-регулятора.

Изложение основного материала. Для проведения исследований рассмотрим особенности построения вентиляционных систем VAV, а также принципы управления на основе MPC-подхода.

Главным элементом вентиляционной системы VAV является терминал VAV (рис. 1), который также называют регулятором VAV или клапаном VAV. Назначением терминала VAV является поддержание заданного расхода приточного или вытяжного воздуха, необходимая величина которого определяется значением внешнего управляющего сигнала (воздействия) 1 (рис. 2). Этот сигнал может поступать на терминал VAV от установленных в помещениях здания температурных регуляторов, датчиков CO₂, датчиков движения, реле времени и других элементов, а также от устройства управления как части системы автоматизированного управления микроклиматом в здании или отдельном помещении. На измерительных элементах терминала VAV (трубка Пито и пьезометр), расположенных в вентиляционном канале, возникает перепад давлений, величина которого зависит от расхода (скорости) воздуха и устанавливается измерительным преобразователем 2. По значению измеренного перепада давлений и площади поперечного сечения канала определяется фактический расход воздуха, величина которого сравнивается с заданным. Исходя из рассогласования, регулятором 3 формируется сигнал для управления электроприводом 4, который изменяет положение дроссельной заслонки 5, что приводит к изменению аэродинамического сопротивления терминала и, следовательно, изменению фактического расхода воздуха.



Рис. 1. Терминалы VAV круглого и прямоугольного сечения

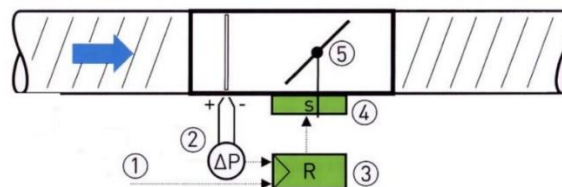


Рис. 2. Конструктивные элементы терминала VAV

1 – внешний управляющий сигнал (воздействие); 2 – преобразователь перепада давлений; 3 – регулятор; 4 – электропривод дроссельной заслонки; 5 – дроссельная заслонка

Для наглядности реализации MPC-подхода рассмотрим вентиляционную систему как одномерную систему, т.е. рассматриваем ее как объект управления (ОУ) с одной выходной величиной y . Также считаем, что система автоматического управления (САУ) воспринимает одно задающее воздействие g и одно возмущающее воздействие f . Тогда САУ с MPC-регулятором можно представить структурной схемой, показанной на рис. 3.

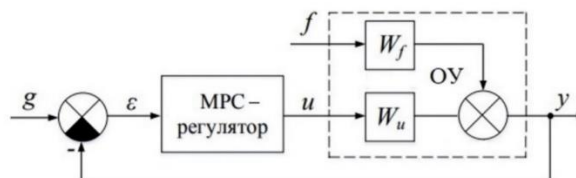


Рис. 3. Структурная схема САУ с MPC-регулятором g – задающее воздействие (уставка); f – возмущающее воздействие (возмущение); u – управляющее воздействие (сигнал управления); W_u – передаточная функция ОУ по сигналу управления; W_f – передаточная функция ОУ по возмущению; y – выходная (регулируемая) величина (переменная); ε – ошибка управления, $\varepsilon = g - y$

Рассмотрим принципы адаптивного прогнозирующего управления на базе MPC-регулятора. Пусть имеются управляющее воздействие (сигнал) $u(t)$ на объект управления и выходная регулируемая переменная $y(t)$. Задающее воздействие (сигнал) $g(t)$ является желаемой величиной (зависимостью) изменения регулируемой переменной. Система рассматривается в дискретные моменты времени, т.е. только в моменты времени $t=k\Delta T$, где ΔT – период квантования, а k – целое число.

Главной особенностью адаптивного прогнозирующего управления является наличие

математической модели объекта управления, которая достаточно точно описывает его поведение. Наличие адекватной математической модели объекта управления позволяет прогнозировать значения регулируемой переменной на определенное число шагов вперед. На рис. 4 значения регулируемой величины $y(t)$, предсказанные в момент времени t обозначены через $\hat{y}(t)$. Горизонт предсказания строится на определенное число шагов N_p .

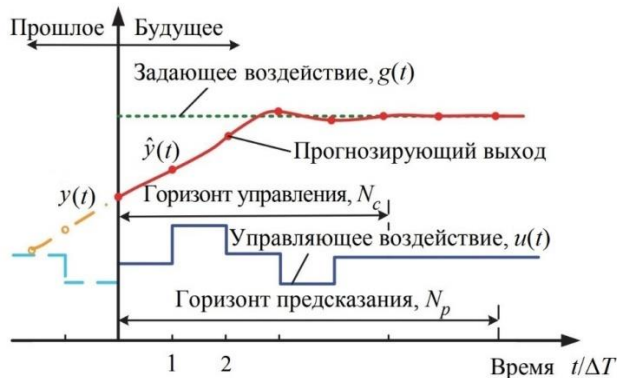


Рис. 4. Адаптивное прогнозирующее управление

Прогнозируемая траектория регулируемой переменной будет зависеть от будущих значений управляющего воздействия $u(t)$, которые формируются с помощью MPC-регулятора. На рис. 5 показана структурная схема MPC-регулятора. В состав регулятора входит прогнозирующая модель ОУ и оптимизатор.

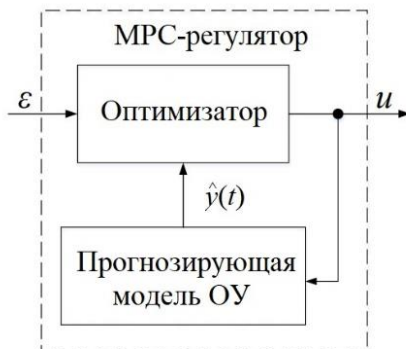


Рис. 5. Структурная схема MPC-регулятора

Суть адаптивного прогнозирующего управления состоит в определении MPC-регулятором последовательности значений управляющего сигнала $u(t)$, которая позволит обеспечить наилучшую прогнозируемую траекторию $\hat{y}(t)$ для регулируемой переменной $y(t)$. Длина последовательности N_c рассчитываемых управляющих воздействий $u(t)$ является фиксированной величиной и называется горизонтом управления.

Необходимая последовательность значений управляющего воздействия устанавливается решением задачи оптимизации. Выбор наилучшей траектории регулируемой переменной определяется показателем качества регулирования, которым принимают квадрат рассогласования между прогнозируемой выходной переменной $\hat{y}(t)$ и задающим воздействием (желаемой траекторией) $g(t)$. Также оценивается изменение величины управляющего сигнала. Таким образом, для выбора оптимальных значений сигнала управления $u(t)$ MPC-регулятор стремится минимизировать следующий функционал

$$J = Q \sum_{i=k}^{k+N_p} (y(i) - g(i))^2 + R \sum_{i=k}^{k+N_c} (u(i) - u(k))^2, \quad (1)$$

где Q и R — весовые коэффициенты (для безразмерных переменных обычно принимают одинаковыми); $k=1, 2, 3, \dots$ — целое число, соответствующее текущему моменту времени; N_p — число шагов, на которые строится прогноз поведения регулируемой переменной $y(t)$ (горизонт предсказания); N_c — длина последовательности будущих значений управляющего сигнала $u(t)$ (горизонт управления).

После подачи на объект управления вычисленного оптимального управляющего воздействия $u(t)$ на следующем шаге вся процедура повторяется заново с учетом вновь поступившей информации.

Для реализации адаптивного прогнозирующего управления в пакете прикладных программ MATLAB имеется набор программных инструментов Model Predictive Control Toolbox для проектирования и моделирования MPC-регуляторов [17].

Следует отметить, что вышеизложенную методику управления вентиляционными системами на основе MPC-подхода можно обобщить на многомерные САУ и системы с несколькими задающими и возмущающими воздействиями.

Результаты исследований. Исследование адаптивного прогнозирующего управления проведено на примере приточной вентиляционной системы VAV учебной аудитории (рис. 6) в осенне-весенний период, которая поддерживает заданный температурный режим $T(t)$ в помещении путем изменения объема подаваемого нагретого воздуха.

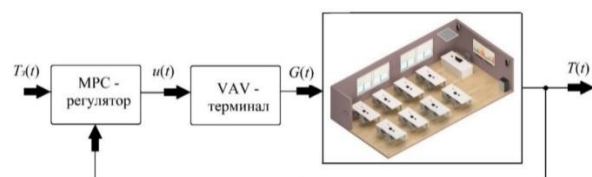


Рис. 6. Приточная вентиляционная система VAV учебной аудитории

В рассматриваемой вентиляционной системе VAV изменение тепловой нагрузки помещения компенсируется изменением количества приточного воздуха $G(t)$, поступающего от центральной приточной вентиляционной установки при его постоянной температуре. Исследование вентиляционной системы VAV осуществлялось по задающему воздействию – заданной температуре в помещении $T_3(t)$. Предварительно известными методами [18, 19] на основе экспериментальных исследований выполнена параметрическая идентификация вентиляционной системы как объекта управления температурой воздуха в помещении $T(t)$ по поступающему в него массовому расходу нагретого воздуха $G(t)$. Для идентификации математической модели были использованы возможности блока программных инструментов System Identification Toolbox пакета прикладных

программ MATLAB [20]. Получена следующая передаточная функция для температуры в помещении по массовому расходу воздуха для безразмерных переменных

$$W_{TG}(s) = \frac{e^{-54s}}{78s^2 + 320s + 1}, \quad (2)$$

где s – переменная Лапласа.

Передаточная функция (1) для безразмерных отклонений переменных рассматривалась как произведение двух типовых звеньев: апериодического звена 2-го порядка и звена запаздывания со временем $\tau=54$ с.

Для моделирования вентиляционной системы VAV в среде Simulink пакета прикладных программ MATLAB разработана блок-диаграмма, представленная на рис. 7.

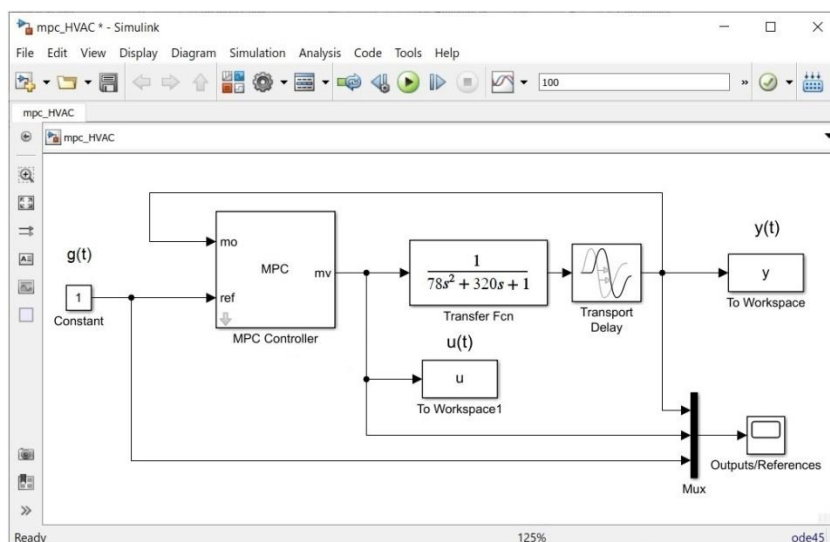


Рис. 7. Блок-диаграмма вентиляционной системы в Simulink

Для синтеза MPC-регулятора использован набор программных инструментов Model Predictive Control Toolbox. Для этого предварительно в командной строке MATLAB была задана передаточная функция объекта управления

```
>> plant=tf(1,[78 320 1],'IODelay',54);
```

Далее следующими командами соответственно спроектирован MPC-регулятор и заданы его ограничения

```
>> mpcobj=mpc(plant, 10, 100, 30);
>> mpcobj.MV=struct('Min',0,'Max',2);
```

Период квантования задан $\Delta T = 10$ с, горизонт прогнозирования $N_p = 100$ шагов, горизонт управления $N_c = 30$ шагов. Минимальное значение управляющего сигнала $u(t)$ равно 0, что соответствует полностью закрытому терминалу VAV, а максимальное значение равно 2, что соответствует максимальному количеству воздуха на выходе терминала VAV, которое в 2 раза превышает среднее значение расхода приточного

нагретого воздуха $G(t)$, поступающего в помещение от центральной вентиляционной системы.

Результаты расчета переходных процессов в вентиляционной системе VAV представлены на рис. 8. Здесь сопоставлены переходные процессы в системе без регулятора, с ПИД-регулятором, оптимизированным по быстродействию, и MPC-регулятором. Сравнение результатов показало, что использование адаптивного прогнозирующего управления позволяет усовершенствовать процессы регулирования вентиляционной системы VAV за счет увеличения быстродействия и уменьшения перерегулирования, что повышает точность контролируемых параметров микроклимата в помещении и энергетическую эффективность системы. Длительность переходного процесса в системе без регулятора составила 1008 с (16,8 мин), с ПИД-регулятором 512 с (8,5 мин), с MPC-регулятором 262 с (4,2 мин). При использовании MPC-регулятора практически отсутствует перерегулирование системы, что не приводит к

перегревам, когда температура в помещении поднимается выше заданной, а это исключает дополнительные потери тепла.

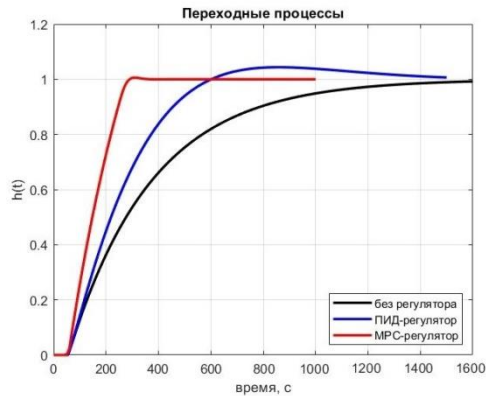


Рис. 8. Переходные процессы в вентиляционной системе

Касаясь вопроса энергетической эффективности, отметим, что вентиляционная система VAV работает при общем значении расхода воздуха меньшем, чем необходимо при суммарной максимальной тепловой нагрузке. Это обеспечивает снижение потребляемой энергии при сохранении заданного качества воздуха внутри помещения.

Следует обратить внимание, что адаптивное прогнозирующее управление имеет недостатки связанные с необходимостью составления точных и адекватных математических моделей объекта управления. Не всегда можно составить адекватную математическую модель вентиляционной системы, и, чем сложнее математическая модель объекта управления, тем больше вычислительных мощностей необходимо для реализации МРС-регулятора. Адаптивное прогнозирующее управление требует существенных вычислительных ресурсов при управлении вентиляционными системами с несколькими регулируемыми параметрами и возмущениями, поскольку блок оптимизации и прогнозирующая модель должны работать синхронно с управляемым процессом, а их практически нельзя разделить на две независимые подзадачи. Однако, современное развитие микропроцессорной техники позволяет обеспечить программируемым контролерам быстроедействие и объем памяти, необходимые для реализации алгоритмов адаптивного прогнозирующего управления на основе МРС-регуляторов в режиме реального времени.

Проведенные исследования убедительно показывают, что использование МРС-регулятора позволяет усовершенствовать процессы регулирования в вентиляционных системах VAV за счет увеличения быстрогодействия и уменьшения перерегулирования, что повышает качество регулирования параметров микроклимата и улучшает эксплуатационные характеристики систем

Выводы. Таким образом, в работе рассмотрен вопрос совершенствования процессов регулирования вентиляционных систем VAV использованием МРС-регулятора. Для проведения исследований изложены особенности построения вентиляционных систем VAV и принципы построения систем управления на основе прогнозирующих моделей с МРС-регулятором.

Рассматриваемые системы вентиляции работают в режиме переменного количества подаваемого воздуха, а изменения тепловой нагрузки помещений или зон компенсируются путем изменения фактического количества приточного и вытяжного воздуха при его постоянной температуре, поступающего из центральной приточной установки. Изложен принцип адаптивного прогнозирующего управления с использованием МРС-регулятора, структура регулятора и подход к выбору оптимальных значений управляющего сигнала.

Исследование процессов регулирования вентиляционных систем VAV использованием МРС-регулятора проведено на примере приточной вентиляционной системы учебной аудитории в осенне-весенний период, которая поддерживает заданный температурный режим в помещении путем изменения объема подаваемого нагретого воздуха. Для моделирования системы в среде Simulink пакета прикладных программ MATLAB разработана блок-диаграмма, для синтеза МРС-регулятора использован набор программных инструментов Model Predictive Control Toolbox.

Проведено исследование переходных процессов в вентиляционной системе VAV без регулятора, с ПИД-регулятором и МРС-регулятором. Сравнение результатов показало, что использование МРС-регулятора позволяет усовершенствовать процессы регулирования за счет увеличения быстрогодействия и уменьшения перерегулирования, что повышает качество регулирования параметров микроклимата и улучшает эксплуатационные характеристики вентиляционных систем.

Литература

1. Системы вентиляции: моделирование, оптимизация / Я.А. Гусенцова, К.Н. Андрийчук, А.А. Коваленко [и др.]. – Луганск: ВНУ им. В. Даля, 2005. – 206 с.
2. Соколов, В.І. Дифузійні процеси в системах вентиляції / В.І. Соколов, О.С. Кроль, О.В. Єпіфанова. – Северодонецк: СНУ ім. В. Даля, 2018. – 148 с.
3. Sokolov, V. Increased measurement accuracy of average velocity for turbulent flows in channels of ventilation systems / V. Sokolov // Proceedings of the 6th international conference on industrial engineering, ICIE 2020. Lecture notes in mechanical engineering. – 2021. – Vol. 2. – P. 1182-1190.
4. Соколов, В.І. Гідравліка / В.І. Соколов, О.С. Кроль, О.В. Єпіфанова. – Северодонецк: СНУ ім. В. Даля, 2017. – 160 с.
5. Sokolov, V. Diffusion of circular source in the channels of ventilation systems / V. Sokolov // Advances in engineering research and application. ICERA 2018. Lecture notes in networks and systems. – 2019. – Vol. 63. – P. 278-283.

6. Системы вентиляции и кондиционирования. Теория и практика / В.А. Ананьев, Л.Н. Балуева, А.Д. Гальперин [и др.]. – Москва: Евроклимат, 2003. – 416 с.
7. Беккер, А.М. Системы вентиляции / А.М. Беккер. – Москва: Техносфера, Евроклимат, 2005. – 232 с.
8. Каменев, П.Н. Вентиляция. Учебное пособие / П.Н. Каменев, Е.И. Тертичник. – Москва: АСВ, 2008. – 624 с.
9. Стефанов, Е.В. Вентиляция и кондиционирование воздуха / Е.В. Стефанов. – Санкт-Петербург: АВОК СЕВЕРО-ЗАПАД, 2005. – 400 с.
10. Судак, В. Системы VAV. Краткое описание / В. Судак, Я. Хендигер. – Краков: SMAY, 2009. – 80 с. Режим доступа: – URL: http://belimo.com.ua/files/VAV/VAV_book.pdf
11. Ратушняк, Г.С. Регулювання витрати аеродинамічних потоків в системах вентиляції та аспірації: монографія / Г. С. Ратушняк, Р. В. Степанковський. – Вінниця: ВНТУ, 2015. – 112 с.
12. Свистунов, В.М., Пушняков Н.К. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха объектов агропромышленного комплекса и жилищно-коммунального хозяйства / В.М. Свистунов, Н.К. Пушняков. – Санкт-Петербург: Политехника, 2007. – 423 с.
13. Марьясин, О.Ю. Управление тепловым режимом зданий с использованием прогнозирующих моделей / О.Ю. Марьясин, А.С. Колодкина // Вест. Самар. гос. ун-та. Сер. технические науки. – 2017. – № 1(53). – С. 122-132.
14. Надеждин, И.С. Системы управления нестационарным объектом на основе MPC-регулятора и ПИД-регулятора с нечеткой логикой / И.С. Надеждин, А.Г. Горюнов, Ф. Маненти // Управление большими системами. Анализ и синтез систем управления. – 2018. – Вып. 75. – С. 50-75.
15. Maddalena, E.T. Experimental data-driven model predictive control of a hospital HVAC system during regular use / Emilio T. Maddalena, Silvio A. Müller, Rafael M. dos Santos, Christophe Salzmann, Colin N. Jones // Energy & Buildings. – 2022. – Vol. 271. – 112316.
16. Колодин, А.А., Ёлшин В.В. Разработка и исследование регулятора на основе прогнозирующей модели / А.А. Колодин, В.В. Ёлшин // Вест. Самар. гос. ун-та. Сер. технические науки. – 2021. – Т. 29, №1. – С. 36-44.
17. Model predictive control toolbox. – Режим доступа: – URL: <https://www.mathworks.com/help/mpc/>
18. Теория автоматического управления: учебник / Е.Э. Страшинин, А.Д. Заколяпин, С.П. Трофимов [и др.]. – Екатеринбург: УФУ, 2019. – 456 с.
19. Лурье, Б.Я. Классические методы теории автоматического управления / Б.Я. Лурье, П.Дж. Энрайт. – Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2004. – 640 с.
20. System identification toolbox. – Режим доступа: – URL: <https://www.mathworks.com/help/ident/>

**Andriichuk V.N., Sokolov V.I. Andriichuk N.D.
IMPROVING REGULATION PROCESSES OF VAV
VENTILATION SYSTEMS USING MPC
CONTROLLER.**

The paper is devoted to the issue of improving the regulation processes of VAV ventilation systems using MPC-controller. To conduct research, the design features of VAV ventilation systems and the principles of control systems based on predictive models with MPC controller are considered. It is noted that these systems operate in the mode of variable amount of supplied air, and changes in the heat load of rooms or zones are compensated by changing the actual amount of supply and exhaust air at its constant temperature coming from the central supply unit. The principle of adaptive predictive control using MPC controller, controller structure and approach to choosing optimal values of the control signal are described. The study of regulation processes of VAV ventilation systems using MPC controller was carried out on

example of the supply ventilation system of classroom in the autumn-spring period, which maintains the given temperature regime in the room by changing volume of supplied heated air. To simulate system in the Simulink environment of the MATLAB application package, the block diagram was developed, and Model Predictive Control Toolbox was used to synthesize MPC controller. The study of transient processes in VAV ventilation system without controller, with PID controller and MPC controller was carried out. The results comparison showed that using MPC controller makes it possible to improve regulation processes by increasing the speed of response and reducing overshoot, which improves the regulation quality of microclimate parameters and energy efficiency of ventilation systems.

Keywords: VAV ventilation system, predictive model, MPC controller, prediction horizon, control horizon, transient process

Андрійчук Владислав Николаевич, старший преподаватель кафедры вентиляции, теплогаз- и водоснабжения института строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.
E-mail: vlad19790401a@gmail.com

Andriichuk Vladislav Nikolaevich, Senior Lecturer of Ventilation, Heat, Gas and Water Supply Department of Construction, Architecture and Housing and Communal Services Institute of SEE HT LPR «Luhansk Vladimir Dahl State University».

Соколов Владимир Ильич, д.т.н., профессор кафедры вентиляции, теплогаз- и водоснабжения института строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».
E-mail: sokolov.snu.edu@gmail.com

Sokolov Vladimir Illich, DSc (Eng), Professor of Ventilation, Heat, Gas and Water Supply Department of Construction, Architecture and Housing and Communal Services Institute of SEE HT LPR «Luhansk Vladimir Dahl State University».

Андрійчук Николай Данилович, д.т.н., проф., директор института строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.
E-mail: nikolai.andriichuk@mail.ru

Andriichuk Nikolai Danilovich, DSc (Eng), Professor, Director of Construction, Architecture and Housing and Communal Services Institute of Vladimir Dahl Lugansk State University.

Рецензент: Дрозд Геннадий Яковлевич, д.т.н., профессор кафедры промышленного, гражданского строительства и архитектуры института строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

Статья подана 07.11.2022

УДК 621.43.08

ВОЗДУШНАЯ ХОЛОДИЛЬНАЯ УСТАНОВКА КАСКАДНОГО ОБМЕНА ДАВЛЕНИЕМ

Брянцев М.А., Данилейченко А.А., Доценко Д.М., Антоненко Н.А.

CASCADE PRESSURE EXCHANGE AIR REFRIGERATION UNIT

Bryantsev M.A., Danileychenko A.A., Dotsenko D.M., Antonenko N.A.

В статье рассмотрено направление повышения эффективности работы рефрижераторных установок транспорта использованием принципов каскадно-рекуперативного сжатия в рабочем цикле воздушных холодильных машин (ВХМ). Представлены особенности рабочего цикла каскадного обмена давлением (КОД), позволяющие организовать рабочий цикл ВХМ КОД, где главным энергетическим источником является тепловая энергия различного происхождения. Рассмотрено влияние режимных и регулировочных параметров на эксплуатационные показатели таких холодильных машин и дана их количественная оценка. Показаны пути увеличения глубины охлаждения объекта.

Ключевые слова: воздушная холодильная машина, регенерация, рекуперация, детандер, холодопроизводительность, давление, теплота.

Введение. Увеличение объемов перевозки скоропортящихся грузов, все более широкое использование технологий сжижения и транспортировки нефтяного и природного газов предопределяют необходимость создания высокоэффективных холодильных установок (глубокого охлаждения), адаптированных к условиям работы морского и железнодорожного транспорта.

Наряду с изысканием путей снижения энергозатратности производства холода все больше внимание уделяется экологической безопасности холодильных установок. Серьезной экологической проблемой планетарного масштаба является истощение озонового слоя атмосферы, в значительной степени в виду воздействия галоидированных углеводородов (фреонов), широко используемых в качестве рабочего тела в холодильных установках компрессорного типа.

По мнению ряда ученых при сохранение динамики техногенного воздействия на атмосферу прогнозируемые темпы утончения озонового слоя составят 7% в 60 лет [1]. Обеспокоенность мировой общественности побудило правительства ведущих индустриальных стран подписать ряд соглашений по защите озонового слоя (Vienna Convention 1985, Montreal Protocol 1987), многократно ограничивающих производство и использование озоноразрушающих соединений.

Следует заметить, что эксплуатация холодильных установок на транспорте сопряжена с повышенной вероятностью утечек хладагента ввиду высоких вибрационных нагрузок и ограниченной возможности своевременного контроля герметичности системы в период движения транспортного средства.

В настоящее время возобновляется интерес к воздушным холодильным машинам (ВХМ), имеющим большой потенциал низкотемпературного охлаждения без использования озоноразрушающих хладагентов. Холодильный коэффициент воздушных установок при относительно небольших отношениях температур окружающей среды и охлаждаемого объекта уступает показателям пароконденсационных установок, однако в области глубокого охлаждения рабочий цикл воздушной ВХМ с регенерацией реализует более высокую энергетическую эффективность.

Вместе с тем, апробированные ВХМ на базе лопаточных агрегатов сжатия и расширения рабочего тела дорогостоящи в изготовлении и ввиду высокой частоты вращения роторов турбокомпрессорных агрегатов имеют ограниченный ресурс, требуют высокого уровня технического обслуживания. Недостаточно высокая энергетическая эффективность турбокомпрессорных ВХМ обусловлена ограниченной возможностью дальнейшего повышения к.п.д. рабочих процессов лопаточных машин, достигаемого ценой значительного усложнения конструкции последних.

Возможность удешевления ВХМ связывается с использованием в качестве детандер–компрессора волнового обменника давления (ВОД), аналогичного по конструкции агрегату воздухообмена системы наддува ДВС “Comprex” [2]. В роторе ВОД в процессе непосредственного обмена энергией между сжимающей и сжимаемой средами наряду с охлаждением воздушного потока осуществляется сжатие до 25...30 % хладагента. Большая часть хладагента сжимается в отдельной, основной ступени компрессора, приводимого от внешнего источника механической энергии. К преимуществам волнового детандера–компрессора

относится простота и надежность конструкции устройства, а также более низкая относительно турбоагрегата частота вращения ротора (6500...10000 об/мин.).

Нельзя, впрочем, признать исключительно высокой эффективность обменных процессов в роторе ВОД. Волновой характер обмена энергией предопределяет высокую чувствительность рабочего процесса ВОД к картине взаимодействия первичных волн с передними кромками газораспределительных окон. Отклонение режима работы ВОД от расчетных условий по частоте вращения ротора, давлению и температуре рабочих сред сопровождается резким ухудшением показателей его работы как вследствие рассогласования фаз движения первичных волн, так и вследствие неполноты вытеснения сжатого воздуха из ячеек ротора. Увеличение доли сжатого воздуха, оставшегося в ячейке в момент ее разобщения с окнами высокого давления, вызывает почти пропорциональное снижение к.п.д., аналогично негативному эффекту так называемого «мертвого» объема в поршневом компрессоре. Кроме того, неизбежные диссипативные явления в процессах формирования и взаимодействия сильных ударных волн ограничивает к.п.д. лучших образцов волновых обменников давления на расчетных режимах значениями 0,55...0,56 [3].

К недостаткам ВОД следует отнести практическое ограничение, по критерию эффективности обменных процессов, степени повышения давления в одной ступени значениями $P_k = 2,5...2,8$.

Целью статьи является ознакомление с показателями и резервами совершенствования эксплуатационных показателей ВХМ связанных с использованием в качестве детандера, а также в качестве основного компрессора принципиально новой разновидности энергообменных устройств – каскадного рекуперативного обменника давления (КОД) [4].

Материалы исследований. В разработанном на кафедре ДВС ЛГУ им. В. Даля КОД обмен энергией осуществляется в условно стационарных статических многоступенчатых процессах массообмена с формированием волн незначительной эффективности. Основное сжатие воздуха в рабочем цикле КОД осуществляется за счет рекуперативного использования потенциальной энергии остаточного давления сжимающей среды. Поэтому рабочий процесс характеризуется существенно более высокой эффективностью и меньшей чувствительностью к рассогласованию частоты вращения ротора.

Принцип действия КОД иллюстрируется рис. 1, где схематизирована развертка ячеек ротора относительно газораспределительных окон и массообменных каналов статора.

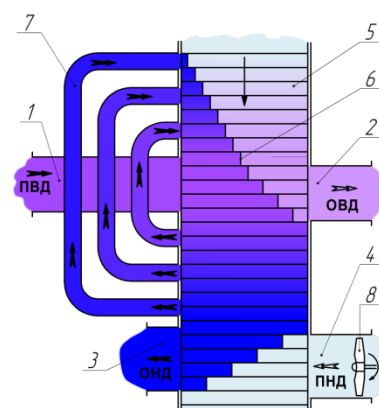


Рис. 1. Схема развертки ротора КОД относительно окон и каналов статора:

1 – окно подвода высокого давления (ПВД); 2 – окно отвода высокого давления (ОВД); 3 – окно отвода низкого давления (ОНД); 4 – окно подвода низкого давления (ПНД); 5 – ячейки ротора; 6 – условная контактная граница сжимающей и сжимаемой сред; 7 – массообменные каналы статора; 8 – продувочный вентилятор

Активная среда, поступающая из окна ПВД в ячейку ротора, «досжимает» предварительно сжатый воздух до уровня сопротивления сети и вытесняет его через окно ОВД к потребителю. Потенциальная энергия рабочих сред после разобщения с окнами высокого давления полезно используется для предварительного сжатия свежего воздуха в период последовательно сообщения рассматриваемой ячейки посредством напорообменных каналов с ячейками участка сжатия. При этом в процессе каскадного массообмена давление в каждой из ячеек в период её движения на участке расширения ступенчато снижается, а на участке сжатия – ступенчато повышается. При подключении ячейки к окнам низкого давления ОНД и ПНД осуществляется принудительная продувка свежим зарядом.

В идеализированном цикле КОД имеет место примерное равенство объемных расходов сжимаемого воздуха и сжимающего газа, поэтому отношение массовых расходов этих сред близко обратному отношению их температур. Отмеченное является косвенным подтверждением более высокого к.п.д. КОД относительно ВОД.

Замечательная особенность рабочего цикла КОД заключается в незначительном влиянии неполноты вытеснения сжатого воздуха из ячеек ротора к потребителю («мертвого» объема) на эффективные показатели обменника. Причина такой нечувствительности вполне объяснима. Энергия сжатого воздуха, оставшегося в ячейке после разобщения с окном ОВД, участвует в процессе каскадного массообмена и, следовательно, наряду с энергией сжимающего газа в ячейке непосредственно расходуется на последующее сжатие свежего заряда. К эксплуатационным преимуществам КОД относится возможность осуществления рабочего процесса при более низких

частотах вращения ротора ($1500...3000 \text{ мин}^{-1}$) относительно частоты вращения ротора ВОД ($8000...12000 \text{ мин}^{-1}$).

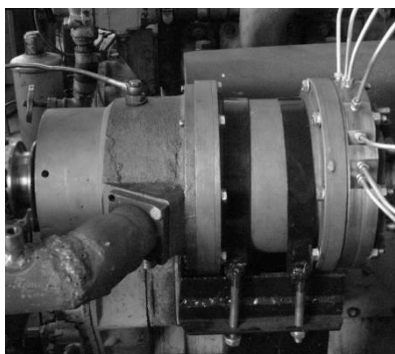


Рис. 2. Общий вид КОД

Испытания ряда опытных образцов подтвердили эффективность обменных процессов в КОД в диапазоне рабочих режимов до $P_k = 4...4,2$. На режиме $P_k = 2,5$ при отношении температур сжимающего и сжимаемого газов 1,82 (частота вращения ротора – 2750 мин^{-1}) коэффициент полезного действия КОД достигает значений 0,82.

Отмеченные выше свойства КОД позволяют осуществлять рабочий цикл воздушной холодильной машины без использования компрессора основной ступени сжатия хладагента.

В разработанном авторами устройстве бескомпрессорной ВХМ с КОД (рис. 3) один из

каскадных обменников (КОД1) выполняет функции детандера-компрессора, другой – КОД2 – компенсационной ступени сжатия воздуха [5].

Сжатый и предварительно охлажденный в воздух через окно 1 поступает в ячейки ротора КОД1, где, расширяясь, охлаждается и совершает работу сжатия воздуха, поступающего в КОД1 из холодильной камеры через окно 4. Охлажденный до температуры ниже окружающей среды воздух через окно 3 направляется в холодильную камеру, в которой отбирает тепло от охлаждаемого объекта, а сжатый в КОД1 воздух отводится через окно 2 в циркуляционный вентилятор 11, который повышает давление до уровня достаточного для преодоления гидросопротивления элементов контуров высокого давления. Из циркуляционного вентилятора часть воздуха направляется в охладитель 14, а оставшаяся часть – в источник подвода теплоты 15, где в результате подвода теплоты его объемный расход и потенциальная энергия повышаются. Горячий воздух через окно 5 поступает в ячейки ротора КОД2, где в процессе каскадного обмена энергией сжимает свежий заряд, поступающий в КОД2 из атмосферы. Отдавший значительную часть потенциальной энергии сжимающий воздух через окно 7 отводится в утилизатор 16 и выбрасывается в атмосферу, а сжатый в роторе КОД2 воздух через окно 6 поступает в циркуляционный вентилятор, компенсируя дефицит расхода хладагента.

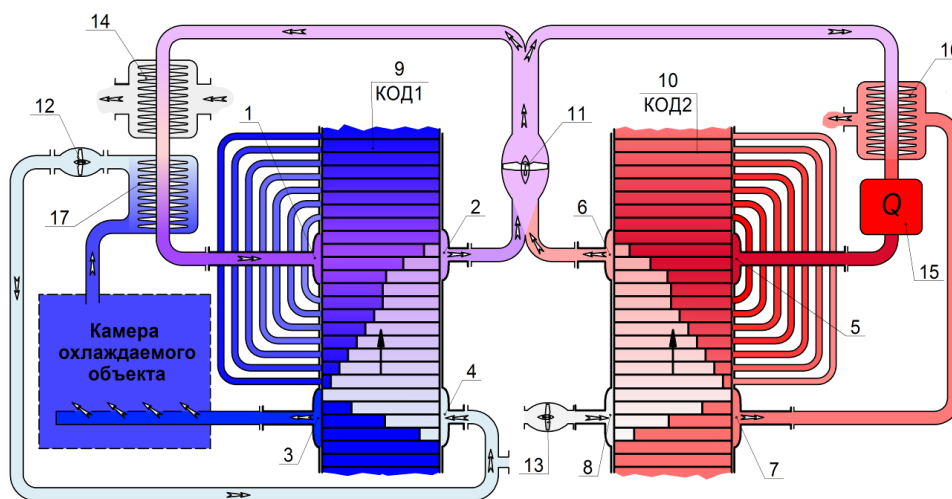


Рис. 3. Воздушная холодильная машина Крайнюка с каскадным обменником давления:

1, 2 – соответственно окна подвода и отвода высокого давления КОД1; 3, 4 – соответственно окна отвода и подвода низкого давления КОД1; 5, 6 – соответственно окна подвода и отвода высокого давления КОД2; 7, 8 – соответственно окна отвода и подвода низкого давления КОД2; 9 – детандер-компрессор КОД1; 10 – компенсационная ступень сжатия воздуха КОД2; 11 – циркуляционный вентилятор; 12, 13 – продувочные вентиляторы КОД1 и КОД2; 14 – охладитель воздуха; 15 – источник подвода теплоты, 16 – утилизатор; 17 – регенератор

Остаточная температура расширенного в КОД2 воздуха, отводимого через окно 7, используется для предварительного подогрева воздуха посредством утилизационного теплообменника. Применение регенератора 17 обеспечивает дополнительное

охлаждение воздуха на входе в детандер-компрессор и, в конечном счете, позволяет реализовать рабочий процесс ВХМ с более глубоким охлаждением холодильной камеры без

привлечения дополнительной тепловой энергии в источнике подвода теплоты 17.

Для сравнительной оценки эффективности ВХМ с различными или комбинированными видами подводимой энергии используется *обобщенный коэффициент теплоиспользования* ζ_k , представляющий собой отношение холодопроизводительности Q_k к сумме теплоты, подводимой к циклу ВХМ $Q_{ит}$, и теплоты, подводимой к циклу условной теплосиловой установки, реализующей мощность N_b , затрачиваемую на привод агрегатов ВХМ. Рассмотрим влияние режимных и регулировочных параметров на эксплуатационные показатели ВХМ КОД.

Основным фактором, предопределяющим возможность увеличения глубины охлаждения объекта и повышения энергетической эффективности установки является максимальная температура цикла ВХМ КОД T_5 (температура рабочего тела непосредственно за источником подвода теплоты). Приведенные на рис. 4

гистограммы иллюстрируют количественное увеличение холодопроизводительности и улучшение эффективности работы ВХМ КОД, а также снижение фронтальных размеров роторов КОД при повышении максимальной температуры цикла T_5 .

Анализ приведенных данных показывает усиление степени влияния T_5 на эффективность ВХМ КОД по мере увеличения глубины охлаждения объекта. Так на режиме $t_{х.к.} = -20^\circ\text{C}$ повышением T_5 с 600 К до 1200 К достигается увеличение ζ_k в 1,6 раза, в то время как на режиме $t_{х.к.} = -80^\circ\text{C}$ аналогичное повышение T_5 способствует увеличению ζ_k в 1,9 раза (несмотря на общее снижение ζ_k в области низкотемпературного охлаждения). Ввиду самоохлаждающей способности ротора КОД (благодаря периодической продувке ячеек атмосферным воздухом) основным преимуществом устройства ВХМ КОД относительно турбодетандерных ВХМ также является большая возможность реализации резерва повышения максимальной температуры цикла.

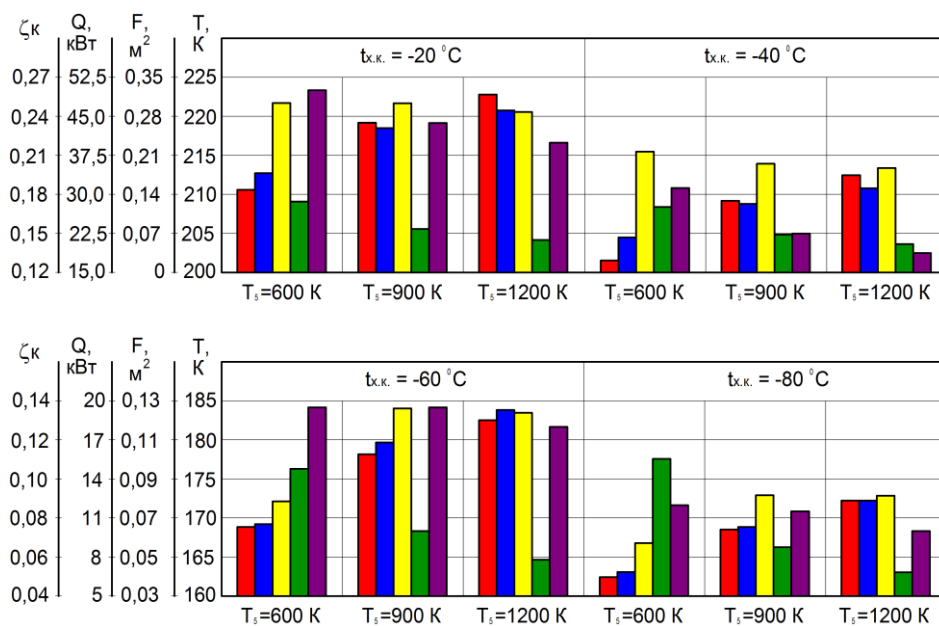


Рис. 4. Сочетания конструктивных и режимных параметров ВХМ КОД с мощностью источника подвода теплоты $Q_{ит} = 100$ кВт:

■ - обобщенный коэффициент теплоиспользования ζ_k ; ■ - холодопроизводительность Q_k ; ■ - площадь сечения проточной части КОД1 $F_{код1}$; ■ - площадь сечения проточной части КОД2 $F_{код2}$; ■ - температура подаваемого в холодильную камеру хладагента T_3

При фиксированных значениях T_5 известным способом увеличения глубины охлаждения объекта является повышение эффективности регенератора 17. В то же время, увеличение эффективности регенератора, достигаемое в основном за счет увеличения поверхности теплообмена, сопровождается заметным увеличением металлоемкости теплообменника и ухудшением его гидравлической эффективности σ_r . Последнее негативно отражается на удельных затратах мощности на привод вентиляторов ВХМ КОД

На рис. 5 показано влияние ϵ_p на показатели работы ВХМ КОД с оптимизированными фронтальными размерами (м²) $F_{код1} = 0,246$, $F_{код2} = 0,095$ для $T_5 = 800$ К и $F_{код1} = 0,225$, $F_{код2} = 0,061$ для $T_5 = 1200$ К.

Рациональные значения ϵ_p зависят от максимальной температуры цикла T_5 , смещаясь в область более высоких значений по мере роста T_5 . Однако и для $T_5 = 800$ К увеличение ϵ_p свыше 0,75 нецелесообразно в связи с отсутствием заметного роста ζ_k и увеличением металлоемкости

регенератора. Следует отметить, что требуемый температурный режим в камере охлаждаемого объекта $T_{хк}$ и соответствующая холодопроизводительность Q_x ВХМ КОД могут быть реализованы различным сочетанием температуры T_3 и расхода G_3 подаваемого в камеру воздушного хладагента. В свою очередь снижение температуры нагнетаемого ВХМ КОД воздушного хладагента может быть достигнуто увеличением пропускной способности (размеров) агрегата КОД компенсационной ступени или повышением максимальной температуры подогрева воздуха T_5 в контуре высокого давления источником подвода теплоты.

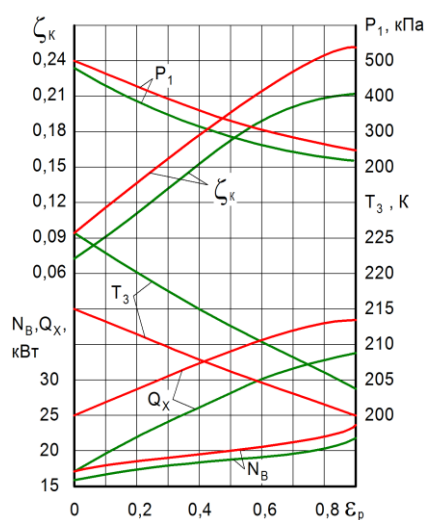


Рис. 5. Зависимость показателей работы ВХМ КОД от ε_p для различных T_5 на режиме $T_{х.к.}=233$ К.

— $T_5=1200$ К; — $T_5=800$ К

Диапазон возможного варьирования соотношением затрат тепловой и механической энергии на осуществление рабочего цикла ВХМ изменением температуры хладагента T_3 показан на рис. 6. Выбор рациональных параметров ВХМ КОД зависит от соотношения сложившихся цен на электрическую и тепловую энергию в регионе эксплуатации установки. В случае использования автономной теплосиловой установки для привода агрегатов ВХМ КОД область рациональных параметров соответствует максимальным значениям обобщенного коэффициента теплоиспользования ζ_k ($T_3=202\dots208$ К на режиме $T_{х.к.}=233$ К). При расчете приведенных на рис. 6 зависимостей к.п.д. теплосиловой установки привода агрегатов принимался равным 0,3. Сопоставление обобщенных коэффициентов теплоиспользования ВХМ КОД и турбокомпрессорной ВХМ, (соответственно ζ_k и $\zeta_{тк}$ табл. 1) показывают энергетическое преимущество установки с каскадными обменниками, особенно при использовании высокотемпературных источников подвода теплоты ($T_5 > 800$ К). При расчетах

приведенных в табл. 1 значений $\zeta_{тк}$ к.п.д. турбокомпрессора принималось равным 0,64.

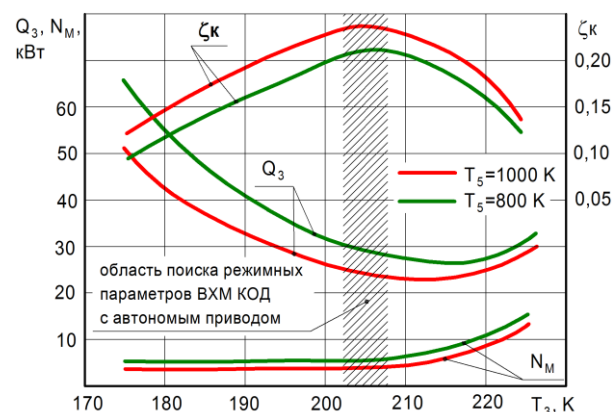


Рис. 6. Зависимость затрат тепловой Q_3 и механической N_M энергии в ВХМ КОД холодопроизводительностью 10 кВт от температуры хладагента T_3 для режима $T_{х.к.} = 233$ К

Примечательная закономерность соотношения затрат тепловой и механической энергии заключается в том, что по мере снижения температурного режима охлаждаемого объекта несмотря на рост энергопотребления холодильным циклом доля затрат механической энергии снижается и на режиме $t_3 = -40^\circ\text{C}$ составляет не более 15% общих энергозатрат.

Таким образом, основным энергетическим источником работы холодильной установки является тепловая энергия любого происхождения.

Помимо отмеченного, к основным преимуществам ВХМ КОД относительно турбокомпрессорных холодильных установок относится существенно более простая конструкция агрегатов КОД по сравнению с комбинацией турбокомпрессора и приводного компрессора. Почти десятикратное снижение частоты вращения ротора КОД относительно рабочих колес лопаточных турбины и компрессора обуславливает менее жесткие требования к балансировке и точности изготовления основных агрегатных узлов, что в свою очередь упрощает условия ремонта и обслуживания установки.

Анализ полученных результатов в сопоставлении с известными характеристиками работы ВХМ с турбодетандером или волновым обменником давления показывает более высокую энергетическую эффективность рабочего цикла ВХМ КОД. Главным энергетическим источником работы ВХМ КОД является тепловая энергия, стоимость которой, особенно в условиях автономной эксплуатации установки (с учетом потерь преобразования теплоты сгорания топлива в теплосиловой установке и электрогенераторе), значительно ниже стоимости механической или электрической энергии.

Таблица 1

Показатели ВХМ, оптимизированных по критерию ζ_k , для различных температурных режимов охлаждаемого объекта

Т _{хк} , К	Степень расширения хладагента в детандере, π_p	Т _з , К	ВХМ КОД						турбо ВХМ
			Т ₅ , К	Фронтальные размеры роторов КОД		Q _з , кВт	N _м , кВт	ζ_k	$\zeta_{тк}$
				F _{КОД1} , м ²	F _{КОД2} , м ²				
263	2,17	229	1000	0,0792	0,0180	16	3,8	0,349	0,268
253	2,20	221	1000	0,0821	0,0198	18	4,1	0,317	0,242
243	2,29	213	1000	0,0850	0,0234	23	4,4	0,263	0,217
233	2,40	203	1000	0,0806	0,0252	27	4,5	0,237	0,192
263	1,87	236	800	0,1094	0,0252	16	4,5	0,317	0,268
253	2,00	225	800	0,0994	0,0270	19	4,6	0,291	0,242
243	2,29	213	800	0,0850	0,0324	26	4,8	0,239	0,217
233	2,20	206	800	0,0936	0,0360	29	5,3	0,217	0,192

Выводы. С учетом более низкой стоимости тепловой энергии относительно механической и электрической, особенно в условиях автономной эксплуатации установки, рабочий цикл ВХМ КОД позволяет реализовать существенно более высокие по сравнению с традиционными схемами ВХМ экономические показатели производства низкотемпературного холода.

Л и т е р а т у р а

1. Rowland, F.S., Molina, M.J., 1994 "Ozone Depletion: 20 Years the Alarm", Chemical and Engineering News, Vol. 72, – PP. 8-13.
2. Anderson, S.O., Sarma, K.M., 2002, Protection the Ozone Layer, Earthscan Publications Ltd, US.
3. US Patent № 6138471, F25D 9/00, 31.10.2000. Device for air conditioning/Ersmambetov V.S., Beleski A..
4. Крайнюк А.И., Сторчеус Ю.В. Системы газодинамического наддува. Монография. – Луганск: Изд-во Восточноукр.гос.ун-та, 2000. – 224с.
5. Каскадний обмінник тиску. Патент України №77261А, МПК7 F 02 В 33/00/ Крайнюк О.І., Крайнюк А.О. - №20040806986; Заявл. 21.08.2004; Опубл. 15.11.2006, Бюл.№11.
6. Крайнюк А.И. Повітряна холодильна машина Крайнюка. Патент UA №44210, Опубл.25.09.2009, Бюл. № 18.

Bryantsev M.A., Danileychenko A.A., Dotsenko D.M., Antonenko N.A. CASCADE PRESSURE EXCHANGE AIR REFRIGERATION UNIT

The article considers the direction of improving the efficiency of refrigerated transport installations using the principles of cascade-regenerative compression in the working cycle of air refrigerating machines (ARM). The features of the working cycle of the cascade pressure exchange (CPE) are presented, allowing to organize the working cycle of the ARM CPE, where the main energy source is thermal energy of various origin. The influence of regime and adjustment parameters on the operational parameters of such refrigerating machines is considered and their quantitative assessment is given. Taking into account the lower cost of thermal energy relative to mechanical and electrical, especially in the conditions of autonomous operation of the installation, the operating cycle of the ARM CPE allows you to realize significantly higher economic indicators of low-temperature cold production compared to traditional ARM

schemes. The ways of increasing the cooling depth of the object are shown.

Key words: air cooler, regeneration, recuperation, expander, cooling capacity, pressure, heat.

Брянцев Максим Анатольевич, старший преподаватель кафедры «Двигатели внутреннего сгорания», ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».
E-mail: 280376@rambler.ru

Bryantsev Maksim Anatolievich, Senior Lecturer of the «Internal combustion engines», SEE HT LPR «Luhansk Vladimir Dahl State University».

Данилейченко Александр Анатольевич, канд. техн. наук, доц., заведующий кафедрой «Двигатели внутреннего сгорания», ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».
E-mail: 280376@rambler.ru

Danileychenko Alexander Anatolievich, candidate of sciences, a dosent of the chair « Internal combustion engines», SEE HT LPR «Luhansk Vladimir Dahl State University».

Доценко Данил Михайлович, старший преподаватель кафедры «Двигатели внутреннего сгорания», ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».
E-mail: 280376@rambler.ru

Dotsenko Danil Mikhailovich, Senior Lecturer of the «Internal combustion engines», SEE HT LPR «Luhansk Vladimir Dahl State University».

Антоненко Наталья Анатольевна, старший преподаватель кафедры «Двигатели внутреннего сгорания», ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».
E-mail: 280376@ukr.net

Antonenko Natalia Anatolyevna, Senior Lecturer of the «Internal combustion engines», SEE HT LPR «Luhansk Vladimir Dahl State University».

Рецензент: Нечаев Григорий Иванович, док-р. техн. наук, профессор кафедры «Транспортные технологии» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

УДК 62-822

ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ПНЕВМОГИДРАВЛИЧЕСКОГО АККУМУЛЯТОРА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЕГО ДЛЯ СОХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ УПРУГИХ ДЕФОРМАЦИЙ, НАКОПЛЕННОЙ К КОНЦУ РАБОЧЕГО ХОДА ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПРЕССА

Гойдо М.Е.

CHOICE OF PARAMETERS OF PNEUMOHYDRAULIC ACCUMULATOR WHEN USING IT FOR CONSERVATION ENERGY OF ELASTIC DEFORMATIONS, ACCUMULATED TO THE END OF THE WORKING STROKE OF THE HYDRAULIC PRESS

Goydo M.E.

Рассмотрен способ сохранения части потенциальной энергии упругих деформаций, накопленной к концу рабочего хода пресса в его металлоконструкциях и в рабочей жидкости, путем соединения полостей рабочих гидроцилиндров с жидкостной полостью пневмогидравлического аккумулятора (ПГА). С использованием безразмерных параметров определены условия, при выполнении которых обеспечивается максимальное приращение энергии в ПГА после соединения его жидкостной полости с полостями рабочих гидроцилиндров подвижной траверсы пресса по окончании рабочего хода. Приведены рекомендации по выбору параметров ПГА (его номинальной вместимости, давления зарядки газом, давления в аккумуляторе в момент соединения его жидкостной полости с полостями рабочих гидроцилиндров пресса) для рассматриваемого случая его применения.

Ключевые слова: гидравлический пресс; пневмогидравлический аккумулятор; сохранение энергии упругих деформаций.

Введение. Существуют различные предложения по сохранению значительной по величине потенциальной энергии упругих деформаций, накапливаемой во время рабочего хода подвижной траверсы гидравлического пресса в его металлоконструкциях и рабочей жидкости, находящейся в рабочих гидроцилиндрах и присоединенных к ним трубопроводах [1, 2], для выполнения полезной работы и тем самым снижения потерь энергии при работе пресса, а именно: с применением маховика [2], путем специфического исполнения пресса [3], посредством гидропреобразователя, работающего как мультипликатор давления с автоматическим изменением коэффициента преобразования [4], с помощью пневмогидравлического аккумулятора (ПГА) [5]. С точки зрения простоты реализации и минимизации материальных затрат наиболее рациональным представляется техническое решение, основанное на применении ПГА.

Энергия, сохраненная путем соединения полостей рабочих гидроцилиндров по окончании рабочего хода пресса с жидкостной полостью ПГА, в последующем может использоваться для повышения давления в соответствующих гидроцилиндрах на начальном этапе, например, рабочего хода подвижной траверсы пресса и выполнения таких вспомогательных операций как перемещение стола, выталкивателя или прошивня (при наличии упомянутых устройств в составе пресса). Эта энергия может также использоваться для управления клапанами наполнения, гидрораспределителями с электрогидравлическим управлением, регулируемые насосами с пропорциональным электрическим управлением и другими устройствами с гидроуправлением, входящими в состав гидросистемы пресса.

Однако на текущий момент отсутствуют какие-либо рекомендации относительно выбора параметров ПГА (его номинальной вместимости, давления зарядки газом, давления в аккумуляторе в момент соединения его жидкостной полости с полостями рабочих гидроцилиндров пресса) для рассматриваемого случая его применения. Данная статья в определенной степени должна восполнить указанный пробел.

Целью настоящей работы является определение условий, при выполнении которых обеспечивается максимальное приращение энергии в ПГА после соединения его жидкостной полости с полостями рабочих гидроцилиндров подвижной траверсы пресса по окончании рабочего хода.

Аналитическое исследование. При изменении давления в полостях рабочих гидроцилиндров на величину $\Delta p_{гц}$ объем $\Delta V_{упр}$ рабочей жидкости, необходимой для компенсации упругих деформаций соответствующих металлоконструкций пресса и сжимаемости жидкости, содержащейся в полостях указанных

гидроцилиндров и примыкающих к ним гидролиний, в первом приближении составляет:

$$\Delta V_{\text{упр}} = k_{\text{упр.пр}} \Delta p_{\text{гц}}, \quad (1)$$

где $k_{\text{упр.пр}}$ – приведенный коэффициент упругости, учитывающий сжимаемость рабочей жидкости, содержащейся в полостях рабочих гидроцилиндров и примыкающих к ним гидролиний, а также упругие деформации металлоконструкций пресса, связанные с изменениями давления в полостях рабочих гидроцилиндров.

При проведении последующих математических выкладок будем считать:

коэффициент $k_{\text{упр.пр}}$ постоянной величиной;

процесс изменения давления газа в пневмогидравлическом аккумуляторе политропным с постоянным показателем политропы n ;

в один и тот же момент времени значения давления в жидкостной и газовой полостях ПГА одинаковыми;

все значения давления, измеренными по абсолютной шкале.

После соединения полостей рабочих гидроцилиндров пресса при давлении в них, равном $p_{\text{раб}}$, и жидкостной полости ПГА при давлении в ней, равном $p_{\text{нач}}$ ($p_{\text{нач}} < p_{\text{раб}}$), и окончания переходного процесса, связанного с их соединением, давление жидкости в этих полостях выравнивается и приобретает значение $p_{\text{кон}}$, которое может быть найдено из следующего уравнения:

$$\begin{aligned} k_{\text{упр.пр}} (p_{\text{раб}} - p_{\text{кон}}) = \\ = V_{\text{а.ном}} p_{\text{зар}}^{1/n} (p_{\text{нач}}^{-1/n} - p_{\text{кон}}^{-1/n}), \end{aligned} \quad (2)$$

где $V_{\text{а.ном}}$ – номинальная вместимость ПГА; $p_{\text{зар}}$ – давление зарядки ПГА газом.

Физически давление $p_{\text{нач}}$ не может быть меньше значения $p_{\text{зар}}$, то есть $p_{\text{нач}} \geq p_{\text{зар}}$. Таким образом, с учетом обоих приведенных выше неравенств:

$$p_{\text{зар}} \leq p_{\text{нач}} < p_{\text{раб}}. \quad (3)$$

Энергия $\Delta \mathcal{E}_{\text{а.п}}$, накапливаемая в ПГА при политропном процессе изменении давления газа в нем от значения $p_{\text{нач}}$ до значения $p_{\text{кон}}$, определяется с помощью выражения [6]

$$\Delta \mathcal{E}_{\text{а.п}} = V_{\text{а.ном}} p_{\text{зар}}^{1/n} (p_{\text{кон}}^{1-1/n} - p_{\text{нач}}^{1-1/n}) / (n-1). \quad (4)$$

При переходе к безразмерным параметрам:

$$B = V_{\text{а.ном}} / (k_{\text{упр.пр}} p_{\text{раб}});$$

$$\bar{p}_{\text{зар}} = p_{\text{зар}} / p_{\text{раб}}; \quad \bar{p}_{\text{нач}} =$$

$$= p_{\text{нач}} / p_{\text{раб}}; \quad \bar{p}_{\text{кон}} = p_{\text{кон}} / p_{\text{раб}} -$$

система уравнений (2), (4) приобретает вид:

$$B \bar{p}_{\text{зар}}^{1/n} (\bar{p}_{\text{нач}}^{-1/n} - \bar{p}_{\text{кон}}^{-1/n}) + \bar{p}_{\text{кон}} - 1 = 0, \quad (5)$$

$$\Delta \bar{\mathcal{E}}_{\text{а.п}} = \bar{p}_{\text{зар}}^{1/n} (\bar{p}_{\text{кон}}^{1-1/n} - \bar{p}_{\text{нач}}^{1-1/n}) / (n-1). \quad (6)$$

В соответствии с уравнением (6) имеем:

$$\bar{p}_{\text{кон}} = \left[(n-1) \bar{p}_{\text{зар}}^{-1/n} \Delta \bar{\mathcal{E}}_{\text{а.п}} + \bar{p}_{\text{нач}}^{1-1/n} \right]^{n/(n-1)}. \quad (7)$$

С учетом выражения (7) уравнение (5) представляет собой уравнение относительно величины $\Delta \bar{\mathcal{E}}_{\text{а.п}}$ при фиксированных безразмерных параметрах B , $\bar{p}_{\text{зар}}$, $\bar{p}_{\text{нач}}$ и n .

Размерное значение приращения энергии $\Delta \mathcal{E}_{\text{а.п}}$ связано с безразмерными величинами $\Delta \bar{\mathcal{E}}_{\text{а.п}}$ и B следующим образом:

$$\Delta \mathcal{E}_{\text{а.п}} = \Delta \bar{\mathcal{E}}_{\text{а.п}} B k_{\text{упр.пр}} p_{\text{раб}}^2 = 2 \Delta \bar{\mathcal{E}}_{\text{а.п}} B \mathcal{E}_{\text{упр}}, \quad (8)$$

где $\mathcal{E}_{\text{упр}} = k_{\text{упр.пр}} p_{\text{раб}}^2 / 2$ – потенциальная энергия упругих деформаций напряженных металлоконструкций пресса, находящейся под высоким давлением жидкости и стенок каналов, в которые она заключена.

В соответствии с выражением (8) при прочих равных условиях значение $\Delta \mathcal{E}_{\text{а.п}}$ тем больше, чем больше произведение $\Delta \bar{\mathcal{E}}_{\text{а.п}} B$. Очевидно, что при фиксированных значениях B , $k_{\text{упр.пр}}$ и $p_{\text{раб}}$ значение $\Delta \mathcal{E}_{\text{а.п}}$ тем больше, чем больше $\Delta \bar{\mathcal{E}}_{\text{а.п}}$. Поэтому с использованием уравнения (5) с учетом выражения (7) и неравенства (3) численными методами решалась задача определения значения $\bar{p}_{\text{нач.э}}$, которому при фиксированных значениях B , $\bar{p}_{\text{зар}}$ и n соответствует максимальное значение $\Delta \bar{\mathcal{E}}_{\text{а.п.э}}$.

Расчеты проводились при варьировании параметров B , $\bar{p}_{\text{зар}}$ и n в следующих диапазонах, представляющих интерес с практической точки зрения: $B \in [0,25; 5]$, $\bar{p}_{\text{зар}} \in [0,1; 0,55]$, $n \in [1,1; 1,4]$.

Согласно полученным результатам при прочих равных условиях произведение $\Delta \bar{\mathcal{E}}_{a.п} B$ увеличивается с увеличением безразмерного параметра B (рис. 1) и, соответственно, с увеличением номинальной вместимости $V_{a.ном}$ пневмогидравлического аккумулятора $[B = V_{a.ном} / (k_{упр.пр} p_{раб})]$.

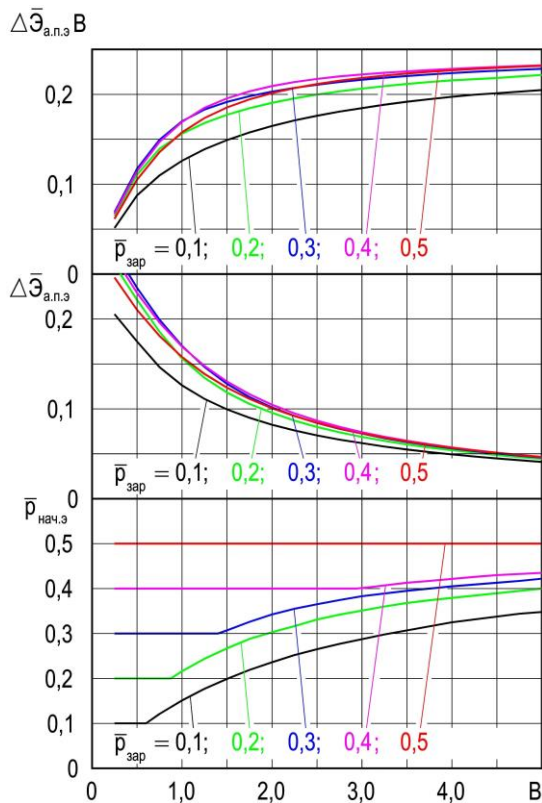


Рис. 1. Графики зависимости $\bar{p}_{нач.э}$, $\Delta \bar{\mathcal{E}}_{a.п.э}$ и $\Delta \bar{\mathcal{E}}_{a.п.э} B$ от безразмерного параметра B при $n = 1,3$ и ряде значений безразмерного давления $\bar{p}_{зар}$

На графике зависимости $\Delta \bar{\mathcal{E}}_{a.п} B$ от B (рис. 1) можно выделить два характерных участка: на первом участке, который соответствует значениям параметра B , меньшим некоторого граничного значения $B_{гр}$, незначительные изменения параметра B в сторону его увеличения приводят к ощутимому увеличению произведения $\Delta \bar{\mathcal{E}}_{a.п} B$, на втором участке, соответствующем значениям параметра B , большим величины $B_{гр}$, увеличение параметра B сопровождается незначительным увеличением произведения $\Delta \bar{\mathcal{E}}_{a.п} B$. Другими словами, упомянутым участкам зависимости $\Delta \bar{\mathcal{E}}_{a.п} B$ от B соответствуют

существенно отличающиеся в среднем по абсолютной величине значения производной $\partial(\Delta \bar{\mathcal{E}}_{a.п.э} B) / \partial B$. В силу отмеченного обстоятельства увеличение параметра B сверх значения $B_{гр}$ является малоэффективным с точки зрения увеличения сохраняемой энергии $\Delta \mathcal{E}_{a.п}$ (поскольку влечет за собой при прочих равных условиях необходимость более существенного увеличения номинальной вместимости $V_{a.ном}$ ПГА).

Зависимость произведения $\Delta \bar{\mathcal{E}}_{a.п.э} B$ от безразмерного давления зарядки $\bar{p}_{зар}$ имеет экстремум (максимум), который становится менее ярко выраженным с увеличением безразмерного параметра B (рис. 2). При этом, чем больше значение параметра B , тем больше максимальное значение функции $\Delta \bar{\mathcal{E}}_{a.п.э} B$ от $\bar{p}_{зар}$ и тем больше значение $\bar{p}_{зар}$, при котором экстремум данной функции при прочих равных условиях имеет место (рис. 2).

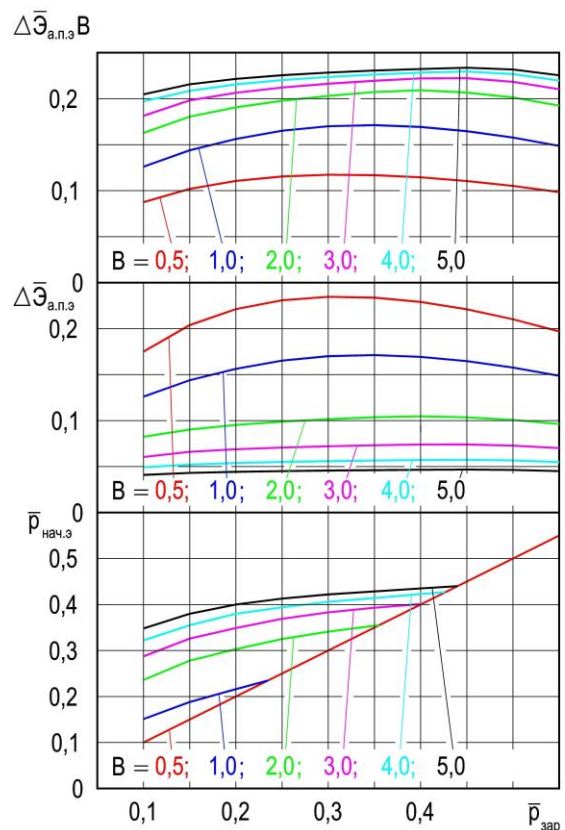


Рис. 2. Графики зависимости $\bar{p}_{нач.э}$, $\Delta \bar{\mathcal{E}}_{a.п.э}$ и $\Delta \bar{\mathcal{E}}_{a.п.э} B$ от безразмерного давления $\bar{p}_{зар}$ при $n = 1,3$ и ряде значений безразмерного параметра B

При фиксированном значении безразмерного параметра B при некотором граничном значении $\bar{p}_{зар.гр}$ безразмерного давления зарядки $\bar{p}_{зар}$ значение безразмерного давления $\bar{p}_{нач.э}$ оказывается равным $\bar{p}_{зар}$. При значениях $\bar{p}_{зар} > \bar{p}_{зар.гр}$ без учета неравенства (3) решение рассматриваемой задачи оптимизации приводит к значениям $\bar{p}_{нач.э} < \bar{p}_{зар}$, что физически невозможно. В связи с этим при $\bar{p}_{зар} > \bar{p}_{зар.гр}$ с учетом неравенства (3) принималось: $\bar{p}_{нач.э} = \bar{p}_{зар}$. Следует отметить, что чем больше значение $\bar{p}_{зар}$, тем при большем значении безразмерного параметра B значение $\bar{p}_{нач.э}$ становится больше $\bar{p}_{зар}$ (рис. 1, 2).

При $\bar{p}_{нач.э} = \bar{p}_{зар}$ выражение (7) для $\bar{p}_{кон}$ приобретает вид:

$$\bar{p}_{кон} = \bar{p}_{зар}^{-1/(n-1)} \left[(n-1) \Delta \bar{\mathcal{E}}_{а.п} + \bar{p}_{зар} \right]^{n/(n-1)}. \quad (8)$$

В результате подстановки выражения (8) в уравнение (5) получаем:

$$B \left\{ 1 - \bar{p}_{зар}^{-1/(n-1)} \left[(n-1) \Delta \bar{\mathcal{E}}_{а.п} + \bar{p}_{зар} \right]^{-1/(n-1)} \right\} + \bar{p}_{зар}^{-1/(n-1)} \left[(n-1) \Delta \bar{\mathcal{E}}_{а.п} + \bar{p}_{зар} \right]^{n/(n-1)} - 1 = 0, \quad (9)$$

В рассматриваемом случае значение $\Delta \bar{\mathcal{E}}_{а.п.э}$ определяется просто как решение уравнения (9).

При прочих равных условиях меньшим значениям n соответствуют повышенные значения произведения $\Delta \bar{\mathcal{E}}_{а.п.э} B$ (рис. 3). В целом же значение показателя политропы n в диапазоне его изменения от 1,1 до 1,4 оказывает незначительное влияние на произведение $\Delta \bar{\mathcal{E}}_{а.п.э} B$, особенно при $B \geq 2$ (рис. 3).

В соответствии с полученными результатами в первом приближении можно считать: $B_{гр} \approx 2,0$.

При $B = 2,0$ и $n = 1,3$ максимальное значение $\Delta \bar{\mathcal{E}}_{а.п.э} B$ имеет место при $\bar{p}_{зар} = 0,4$ и $\bar{p}_{нач.э} = \bar{p}_{зар} = 0,4$ и составляет $\Delta \bar{\mathcal{E}}_{а.п.э} B = 0,209$ (рис. 1, 2), а $\bar{p}_{кон} = 0,555$.

Поскольку при разгрузке рабочих полостей рабочих гидроцилиндров прессы от давления желательно сохранить как можно больше энергии в ПГА для ее последующего использования, то

расходовать жидкость из аккумулятора следует вплоть до понижения давления в аккумуляторе до значения $p_{нач.э} = \bar{p}_{нач.э} p_{раб}$.

Следует отметить, что при использовании энергии, сохраненной в ПГА, для управления клапанами наполнения, гидрораспределителями с электрогидравлическим управлением, регулируемые насосами с пропорциональным электрическим управлением и другими устройствами с гидроуправлением, входящими в состав гидросистемы прессы, значение давления $p_{нач.э} = \bar{p}_{нач.э} p_{раб}$ должно быть достаточным для решения задач управления и, соответственно, значение $\bar{p}_{зар}$ должно выбираться с учетом требования к минимально допустимому значению давления $p_{нач.доп}$, необходимому для указанного управления.

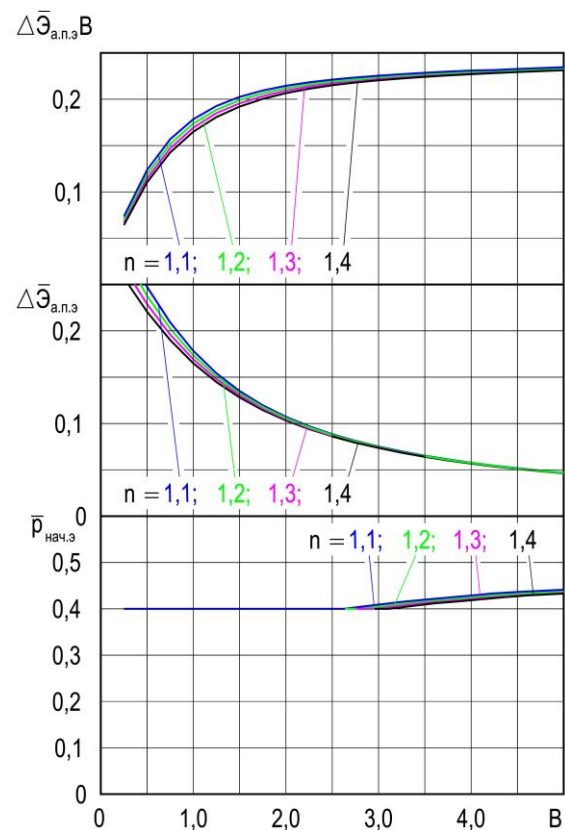


Рис. 3. Графики зависимости $\bar{p}_{нач.э}$, $\Delta \bar{\mathcal{E}}_{а.п.э}$ и

$\Delta \bar{\mathcal{E}}_{а.п.э} B$ от безразмерного параметра B при $\bar{p}_{зар} = 0,4$ и ряде значений показателя политропы n

Выводы. В соответствии с вышеизложенным при выборе параметров пневмогидравлического аккумулятора, используемого для сохранения энергии упругих деформаций, накопленной в металлоконструкциях и рабочей жидкости к концу

рабочего хода пресса, можно рекомендовать следующие значения безразмерных параметров:

$$B = V_{\text{а.ном}} / (k_{\text{упр.пр}} p_{\text{раб}}) = 2,0;$$

$$\bar{p}_{\text{зар}} = p_{\text{зар}} / p_{\text{раб}} = 0,4.$$

Рекомендуемое значение $\bar{p}_{\text{зар}}$ должно быть изменено, если существует ограничение на минимально допустимое значение $p_{\text{нач}}$ и при $\bar{p}_{\text{зар}} = 0,4$ это ограничение не выполняется, то есть $p_{\text{нач.э}}$ ($p_{\text{нач.э}} = \bar{p}_{\text{нач.э}} p_{\text{раб}}$) получилось меньше $p_{\text{нач.доп}}$.

Поскольку при разгрузке полостей рабочих гидроцилиндров пресса от давления желательно сохранить как можно больше энергии в ПГА для ее последующего использования, то расходовать жидкость из аккумулятора следует вплоть до понижения давления в аккумуляторе до значения $p_{\text{нач.э}} = \bar{p}_{\text{нач.э}} p_{\text{раб}}$.

Л и т е р а т у р а

1. Добринский Н. С. Гидравлический привод прессов. М.: Машиностроение, 1975. 222 с.
2. Гидравлические прессы. Некоторые конструкции и расчеты / Под ред. Б.П. Васильева. М.: Машиностроение, 1966. – 436 с.
3. Авторское свидетельство СССР № 461778. Гидравлический пресс / Роганов Л.Л. // Оpubл. в Б.И. 1975. – № 8.
4. Патент РФ № 2515779. Гидравлический привод подвижной траверсы пресса / Гойдо М.Е., Бодров В.В., Багаутдинов Р.М. // Оpubл. в Б.И. 2014. № 14.
5. Патент РФ № 2078640. Гидравлический привод пресса / Гойдо М.Е., Бодров В.В., Багаутдинов Р.М. // Оpubл. в Б.И. 1997. – № 13.
6. Гойдо М.Е. Проектирование объемных гидроприводов (Б-ка конструктора). М.: Машиностроение, 2009. – 304 с.

Goydo M.E.

CHOICE OF PARAMETERS OF PNEUMOHYDRAULIC ACCUMULATOR WHEN USING IT FOR CONSERVATION ENERGY OF ELASTIC DEFORMATIONS, ACCUMULATED TO THE END OF THE WORKING STROKE OF THE HYDRAULIC PRESS

It is considered the method of conservation a part of the potential energy of elastic deformations, accumulated at the end of the working stroke of the press in its metal structures and in the working fluid, by means connecting the cavities of the working hydraulic cylinders with the fluid cavity of the pneumohydraulic accumulator. With using the dimensionless parameters the conditions are determined, under which the maximum increment of energy in the pneumohydraulic accumulator is ensured after its fluid cavity is connected to the cavities of the working hydraulic cylinders of the movable press traverse after the end of the working stroke. Recommendations are given for choosing the parameters of a pneumohydraulic accumulator (its nominal capacity, gas charging pressure, pressure in the accumulator at the moment of connection of its liquid cavity with the cavities of the working hydraulic cylinders of the press) for the considered case of its application.

Key words: hydraulic press; pneumohydraulic accumulator; conservation elastic strains energy.

Гойдо Максим Ефимович, к.т.н., доцент, главный инженер проектов ООО «Уральский инжиниринговый центр», Россия, г. Челябинск.
E-mail: goido@cheltec.ru

Goydo Maxim Efimovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Chief Project Engineer LLC “Ural Engineering Center”, Russia, Chelyabinsk.

Рецензент: Самодурова Марина Николаевна, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Информационно-измерительная техника», руководитель Ресурсного центра специальной металлургии Южно-Уральского государственного университета, Россия, г. Челябинск.

Статья подана 15.11.2022 г

УДК 621.22

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ПОДАЧЕЙ ОБЪЕМНОЙ ГИДРОМАШИНЫ

Гусенцова Я.А., Бугаенко В.В., Кочнева О.В., Гончарова Н.В.

MATHEMATICAL MODEL OF FEED CONTROL VOLUMETRIC HYDRAULIC MACHINE

Gusentsova Ya., Bugaenko V., Kochneva O., Goncharova N.

Представлена математическая модель управления подачей гидравлической машины, включающая уравнение движения подвижных частей и уравнения неразрывности в различных частях системы управления. В модель входят основные конструктивные и физические параметры моделируемой системы.

С целью использования математической модели для расчета характеристик всей системы гидропривода выполнены структурные преобразования, в результате которых модель с достаточной точностью может быть заменена апериодическим звеном 2-го порядка.

Разработанная модель может быть использована как для оптимального выбора электрогидравлического усилителя, так и для анализа системы регулирования с объемным гидравлическим приводом в целом.

Ключевые слова: управление, математическая модель, гидравлическая машина, электрогидравлический усилитель.

Введение. Под гидравлическим приводом понимают устройство, предназначенное для привода в движение машин и механизмов с помощью гидравлической энергии [1]. К устройствам гидропривода относятся: гидромашины, гидроаппараты, гидролинии, гидроёмкости.

Основной задачей гидропривода является преобразование гидравлической энергии в механическую. В объёмных гидроприводах используется потенциальная энергия давления рабочей жидкости.

Объёмный гидропривод – это гидропривод, в котором используются объёмные гидромашины (насосы и гидродвигатели).

Он компактен, имеет небольшую массу и поэтому получил наибольшее распространение в различных системах приводов, в частности пожарных автомобилей [3]. Поэтому дальнейшее совершенствование его характеристик является целесообразным. Этому вопросу и посвящена представленная работа.

Более полному использованию преимуществ объёмных гидравлических приводов способствует правильный выбор системы управления подачи насоса, который является источником энергии. Анализ различных систем показывает, что

применение электрогидравлических усилителей (ЭГУ) для этих целей позволяет решить ряд задач, решение которых затруднено при использовании других устройств [2].

Изложение основного материала.

Аналоговые ЭГУ как самостоятельные устройства появились сравнительно недавно в связи с необходимостью создания высококачественных систем управления в авиации. После их успешного использования в этой области они нашли применение и в других отраслях промышленности, где новые технологии требовали качественно другого подхода к управлению процессами. Электрогидравлические усилители являются связующим звеном между маломощными электрическими управляющими устройствами и гидравлическими или пневматическими механизмами. Кроме того, электрогидравлические усилители дают возможность применять электронные вычислительные машины при управлении гидравлическими исполнительными механизмами, что отвечает требованиям современной технологии производства.

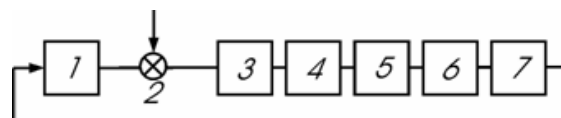


Рис. 1. Блок-схема системы регулирования с ЭГУ

Гидроусилители, по сравнению с другими типами усилителей, например, электромеханическими, обладают рядом преимуществ: лучшими динамическими свойствами, большей надежностью, простотой конструкции и очень высокими коэффициентами усиления по мощности (свыше $3 \cdot 10^6$). Достаточно вспомнить, что отношение массы к мощности гидроусилителя достигает 0,04 кг/кВт, в то время как в электромеханических усилителях этот показатель примерно 20 кг/кВт, а в магнитных – до 70 кг/кВт.

На рис. 1 показана типовая блок-схема электрогидравлической системы регулирования с использованием гидроусилителя. Чувствительный

элемент 1 преобразует измеряемую физическую величину (давление, расход, температуру, перемещение, силу и др.) в электрический сигнал. Он сравнивается с заданной величиной в элементе сравнения 2, и разность двух сигналов усиливается в электронном усилителе 3.

Обычно элемент сравнения 2 и усилитель 3 конструктивно объединены в усилителе-сумматоре, который может быть электронным (постоянного или переменного тока) или магнитным (с несколькими обмотками управления). Электромеханический преобразователь 4 принимает усиленный сигнал и преобразует его в перемещение (силу), которое воздействует на управляющую часть гидроусилителя 5.

В некоторых электрогидравлических усилителях преобразователь 4 и гидроусилитель 5 конструктивно объединены. Преобразователь 4 может быть представлен в виде электромеханического пропорционального реле, усилителя постоянного тока, двухфазного асинхронного двигателя и различных электрических, магнитных или магнитострикционных элементов.

ЭГУ можно использовать практически с любым типом объемной гидравлической машины. В транспортном машиностроении предпочтение отдается аксиально-поршневым машинам, которые обладают хорошими весовыми характеристиками (при равной мощности они в 2-3 раза легче машин других типов), быстродействием и др.

Осуществление оптимального управления системой требует знания адекватных математических моделей отдельных ее устройств. В представленной работе поставлена задача разработки математической модели рабочего процесса аксиально-поршневой машины с ЭГУ как основного элемента многих промышленных систем управления.

Расчетная схема регулируемой аксиально-поршневой машины [4] с электрогидравлическим усилителем представлена на рис. 2. В модели использован однокаскадный ЭГУ, у которого шток пропорционального электромагнита связан непосредственно с золотником управляющего распределителя. Устойчивость и скорость срабатывания однокаскадного ЭГУ выше по сравнению с двухкаскадным, кроме того, они значительно легче, что является часто определяющим качеством в авиации, космической технике, на транспорте.

Динамические характеристики описываются рядом уравнений движения, уравнениями неразрывности жидкости и уравнениями энергии. Рассмотрим эти уравнения применительно к каждому элементу.

Электромеханический преобразователь. Уравнение движения его подвижных частей:

$$m_1 \frac{d^2 x_3}{dt^2} + k_1 \frac{dx_3}{dt} + c_1 \Delta x_3 = k_y (i_1 - i_2), \quad (1)$$

где m_1 – масса подвижных частей преобразователя;

c_1 – жесткость пружины;

k_1 – коэффициент демпфирования;

k_y , i_1 , i_2 – коэффициент усиления ЭГУ, величины силы тока на катушке управления.

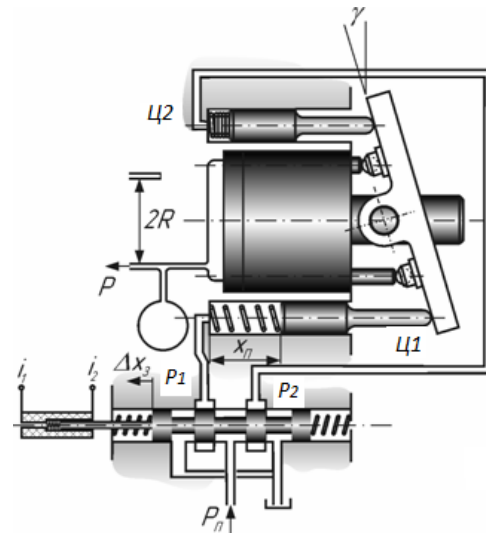


Рис. 2. Расчетная схема

Остальные обозначения ясны из рисунка расчетной схемы. Отметим, что в уравнении не учтена гидродинамическая сила, действующая на золотник. Ее величина может быть сведена к нулю за счет проектирования каналов распределителя.

Расходы жидкости в гидравлические цилиндры управления. Эти расходы определяются двумя уравнениями неразрывности для щелей распределителя:

$$\begin{cases} Q_1 = \mu_1 \Delta x_3 \pi d_3 \sqrt{\frac{2(p_n - p_1)}{\rho}} = S_n \frac{dx_n}{dt} + k_{ym} p_1 + \frac{W_1}{E} \frac{dp_1}{dt}; \\ Q_2 = \mu_2 \Delta x_3 \pi d_3 \sqrt{\frac{2p_2}{\rho}} = S_n \frac{dx_n}{dt} + k_{ym} p_2 + \frac{W_2}{E} \frac{dp_2}{dt}, \end{cases} \quad (2)$$

где μ_1, μ_2 – коэффициенты расходов для щелей золотника;

d_3 – диаметр золотника;

S_n – площадь поршня;

w_1, w_2 – объем полостей между распределителем и поршнями цилиндров 1 и 2, соответственно;

k_{yt} – коэффициент утечек;

E – модуль упругости рабочей жидкости.

Учитывая малую величину зазора δ между поршнем и гильзой цилиндров, расход утечек рабочей жидкости во внешнюю среду для цилиндра 1 можно определить по уравнению:

$$Q_{ym} = \frac{\pi d_n p_1 \delta^3}{12 \mu l} = k_{ym} p_1, \quad (3)$$

где μ – динамическая вязкость жидкости;

l – длина поршня.

При эксцентричном расположении поршня относительно гильзы:

$$Q_{yt} = \frac{\pi d_n p_1 \delta^3}{12 \mu l} (1 + 1,5 \varepsilon^2) = k_{yt} p_1, \quad (4)$$

где ε – расстояние между осями симметрии поршня и гильзы.

Уравнения движения поршней Ц1 механизма управления:

$$m_{np1} \frac{d^2 x_n}{dt^2} + k_{mp} \frac{dx_n}{dt} + c \Delta x_n = (p_1 - p_2) S_n - F_{comp}, \quad (5)$$

где c – жесткость пружины;

m_{np} – масса подвижных частей (поршни управления, поворотная люлька), приведенная к оси поршней управления;

k_{mp} – коэффициент трения между поршнем и гильзой;

F_{comp} – сила на поршни управления со стороны регулируемого органа насоса от действия сил давления и сил инерции механизма. Аналогичное уравнение можно записать для цилиндра Ц 2.

Коэффициент трения зависит от величины

зазора между поршнем и гильзой, диаметра поршня, динамической вязкости жидкости:

$$k_{mp} = \frac{3\pi}{4} \mu l \frac{d_n^3}{\delta_n^3}. \quad (6)$$

Таким образом, уравнения (1 – 4) представляют собой математическую модель рабочего процесса регулируемого аксиально-поршневого насоса с ЭГУ.

Полученная математическая модель содержит ряд нелинейностей, и анализ устойчивости системы качества регулирования с ее помощью затруднен. Поэтому на ее основе разработана линеаризованная модель и выполнена проверка ее адекватности. Линеаризация нелинейностей уравнений (8) выполнялась разложением функции в ряд Тейлора:

$$\begin{cases} \Delta Q_1 = k_1 \Delta p_1 + k_2 \Delta x_3 = S_n \frac{dx_n}{dt} + k_{ym} p_1 + \frac{W_1}{E} \frac{dp_1}{dt}; \\ \Delta Q_2 = k_3 \Delta p_2 + k_4 \Delta x_3 = S_n \frac{dx_n}{dt} + k_{ym} p_2 + \frac{W_2}{E} \frac{dp_2}{dt}. \end{cases} \quad (9)$$

Нагрузка на блок управления линеаризована на основе опытных данных и представлена в виде:

$$\Delta F_{comp} = k_5 \Delta x_n. \quad (10)$$

В этих выражениях: k_1, k_2, k_3, k_4, k_5 – коэффициенты линеаризации.

Дальнейшие исследования выполнены с использованием программы SIMULINK, для чего составлена структурная схема (рис. 3) и получена переходная характеристика (рис. 4).

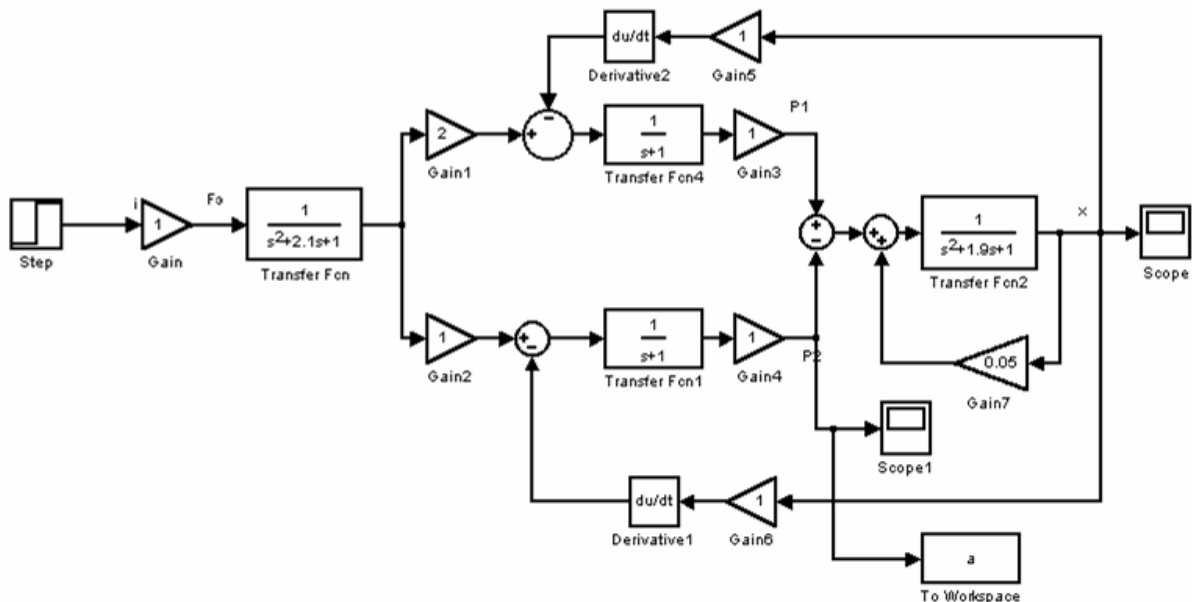


Рис. 3. Структурная схема, реализующая математическую модель

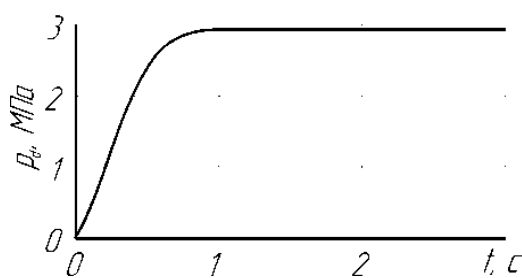


Рис. 4. Переходные характеристики

Отметим отсутствие колебательности переходного процесса и его близость по характеру протекания к звену 2-го порядка, то есть силы инерции, действующие на золотник, играют незначительную роль.

Выводы. Разработанная модель может быть использована как для оптимального выбора ЭГУ объемной гидромашины, так и для анализа системы регулирования в целом с объемным гидравлическим приводом. Для использования математической модели для расчета характеристик всей системы гидропривода выполнены структурные преобразования, в результате которых модель с достаточной точностью может быть заменена аperiодическим звеном 2-го порядка.

Л и т е р а т у р а

1. Богданович Л.Б. Гидравлические механизмы поступательного движения: Схемы и конструкции / Л.Б. Богданович. – М., Киев: МАШГИЗ, 1958. – 181 с.
2. Гидравлика, гидравлические, пневматические машины и системы приводов / А.А. Коваленко, Я.А. Гусенцова, Н.Д. Андрийчук и [др.]. – Луганск: Изд-во ЛНУ им. В.Даля, 2017. – 582 с.
3. Гусенцова Я.А. Определение гидродинамической силы, действующей на золотник в статике / Я. А. Гусенцова, В.В. Бугаенко, А.Т. Павленко, И.К. Максук. – Вестник. Научный журнал «Луганский государственный университет имени ВЛАДИМИРА ДАЛЯ». – № 11 (53), 2021. – С. 36 – 41.: <https://www.elibrary.ru/contents.asp?id=48379618>.
4. Гусенцова Я.А. Optimization of design parameters of complex hydraulic systems for security of industrial enterprises / Я. А. Гусенцова, В.Ю. Малкин, О.В. Кочнева. – Вестник. Научный журнал «Луганский государственный университет имени ВЛАДИМИРА ДАЛЯ». – № 5 (59), 2022. – С. 69 – 77.: <https://www.elibrary.ru/contents.asp?id=49305194>.
5. Фабер Т.Е. Гидроаэродинамика / ред. пер. А.А. Павельев; пер. В.В. Коляда. М.: Постмаркет, 2001. – 559 с.

Gusentsova Ya., Bugaenko V., Kochneva O.,
Goncharova N.

MATHEMATICAL MODEL OF FEED CONTROL VOLUMETRIC HYDRAULIC MACHINE

A mathematical model of hydraulic machine feed control is presented, which included the equation of motion of moving

parts and the equations of continuity in various parts of the control system. The model includes the main structural and physical parameters of the simulated system.

To use a mathematical model to calculate the characteristics of the entire cooling system, structural transformations have been performed, as a result of which the model can be replaced with a 2nd-order aperiodic link with sufficient accuracy.

The developed model can be used both for the optimal choice of an electrohydraulic amplifier and for the analysis of the control system as a whole with a volumetric hydraulic drive.

Key words: control, mathematical model, hydraulic machine, electrohydraulic amplifier

Гусенцова Яна Алимовна, д.т.н., профессор, профессор кафедры пожарной безопасности института гражданской защиты ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».
E-mail: gusentsova@gmail.com

Gusentsova Yana, Doctor of Technical Sciences, professor, Professor of the Department of Fire Safety of the SEE HT LPR «Lugansk Vladimir Dahl State University».

Бугаенко Виктор Васильевич, к.т.н., доцент, доцент кафедры «Прикладная математика» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».
E-mail: victorvas49@gmail.com

Bugaenko Viktor, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Applied Mathematics of SEE HT LPR «Luhansk Vladimir Dahl State University».

Кочнева Ольга Владимировна, к.т.н., доцент высшей школы автоматизации и робототехники института машиностроения, материалов и транспорта Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого.
E-mail: kochneva_ov@spbstu.ru

Kochneva Olga, Candidate of Science, associate Professor, Higher school of automation and robotics, Institute of mechanical engineering, materials and transport, Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University.

Гончарова Наталья Васильевна, инженер ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».
E-mail: nataly7311@yandex.ru

Goncharova Natalya, engineer of the SEE HT LPR «Lugansk Vladimir Dahl State University».

Рецензент: Будиков Леонид Яковлевич, д.т.н., проф., профессор кафедры аварийно-спасательных работ ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 15.11.2022 г.

УДК 62-634.8 : 67.02 : 67.08

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ВОДОУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА (СУСПЕНЗИИ)

Гутько Ю.И., Капустин Д.А., Кущенко А.В.

MODERN TRENDS IN IMPROVING THE TECHNOLOGY OF WATER-COAL FUEL (SUSPENSION)

Gutko Yu.I., Kapustin D.A., Kushchenko A.V.

Работа посвящена исследованию современных технологий получения водоугольной суспензии пригодной к использованию в теплогенерирующих установках из обводненных отходов углеобогащения. Представлена схема обогащения шламовых отходов с использованием узла потокового измельчения частиц угля ударной волной высоковольтного электрического разряда. Проведены теоретические исследования процесса измельчения твердых частиц ударными волнами с определением прироста удельной поверхности для каждого удара.

Ключевые слова: измельчение, способ, схема, обогащение, электрический разряд, шлам.

Введение. Водоугольное топливо (ВУТ) является искусственным видом топлива, представляющим собой водоугольную суспензию (ВУС), полученную смешиванием тонкоизмельченного угля, воды и незначительного количества (0,05...3%) химических добавок.

В связи с отсутствием его в природных условиях первоочередной является составление композиций ВУТ, обладающих приемлемыми теплотехническими параметрами и удовлетворяющими требованиям при сжигании.

Предварительный опыт показывает, что этим условиям удовлетворяют водоугольные суспензии, приготовленные для гидротранспортирования и последующего прямого сжигания на электростанциях взамен угля сухого измельчения или мазута, содержащие не менее 53% угля (при зольности до 12%), при размере частиц угля не превышающих 250 мкм и эффективной вязкости суспензий должна быть такой, чтобы потери напора в прямолинейной трубе диаметром 530 мм не

превышали 0,1 МПа/км в течение всего времени транспортирования. Первые два требования определены условиями сжигания угля, третье - условиями транспортирования суспензии по трубе на большее расстояние. В горелки электростанций можно подавать суспензии с большей эффективной вязкостью, чем предусмотрено условиями транспортирования в трубе.

В ходе исследования установлено, что одним из передовых способов получения ВУС, в том числе из отходов углеобогащения, является использование ударной волны от электрического разряда, в связи с чем актуальным является исследование передовых схем приготовления топливных водоугольных суспензий.

Целью работы исследование современных способов обогащения шламов и величины получаемой поверхности твердого материала при осуществлении ударного воздействия высоковольтным электрическим разрядом.

Изложение основных материалов. Следует отметить, что водоугольные суспензии обладают строго определенным гранулометрическим составом, который обеспечивает заданные реологические свойства среды, а также обуславливает ее седиментационную стабильность. При этом, даже тонкодисперсные отходы углеобогащения не удовлетворяют требуемому гранулометрическому распределению, как в части среднего диаметра, так в соотношении крупной и мелкой фракций (табл. 1, 2).

Таблица 1

Гранулометрический состав антрацитового шлама [3]

№ п/п	Класс, мкм	Диаметр, мм	Содержание, %	S, г/см ²
1	1000-1300	1,15	2,7	
2	500-1000	0,75	4,7	
3	250-500	0,375	5,55	
4	200-250	0,225	3,25	
5	100-200	0,15	4,5	11,25
6	80-100	0,09	3,1	12,9
7	40-80	0,06	2,5	15,6
8	0-40	0,02	73,7	1382
	Всего		100	1432

Таблица 2

Гранулометрический состав шлама из угля марки Г [5]

Сита	Размер, мкм	Количество на сите, г.	Процентное содержание, % мас.	Кол-во, ед.	Удельная поверхность S, см ² /г
> 1,0	1000	3,540	1,75	1094	0,656
1,0-0,5	750	72,754	35,70	52889	13,4
0,5 - 0,25	375	54,203	26,60	315260	26,6
0,25 - 0,2	225	12,935	6,30	345700	10,5
0,2-0,125	152,5	23,220	11,40	2009000	28,033
0,125-0,063	94	24,544	12,00	9030000	47,9
0,063 - 0,045	54	11,095	5,80	23021134	40,3
< 0,045	30	0,900	0,45	10415000	5,6
Итого:		200,0	100,0		173,3

Приведенные гранулометрические распределения твердых частиц характерны для подавляющего большинства обводненных отходов углеобогащения, что обуславливает необходимость их доизмельчения.

Кроме того, согласно результатов Папина А.В. [5], зольность мелких фракций шлама (менее 5 мкм)

превышает критическое значение $A^d = 20\%$ (табл. 3, рис. 1), в связи с чем, необходимо на первом же этапе получения ВУТ из шламов отделить глинистые отложения от остального шламопродукта поскольку для этих фракций зольность может превысить 40%.

Таблица 3

Распределение зольности по классам шлама марки Г

Сита	Диаметр, мкм	W^a , % мас.	A^d , % мас.
>1,0	1000	5,6	11,2
1,0 - 0,5	750	6,3	10,8
0,5-0,25	375	6,4	11,3
0,25-0,2	225	5,8	11,8
0,2-0,125	162,5	5,7	13,2
0,125-0,063	94	5,8	17,5
0,063-0,045	54	5,0	23,7
< 0,045	30	4,8	24,6

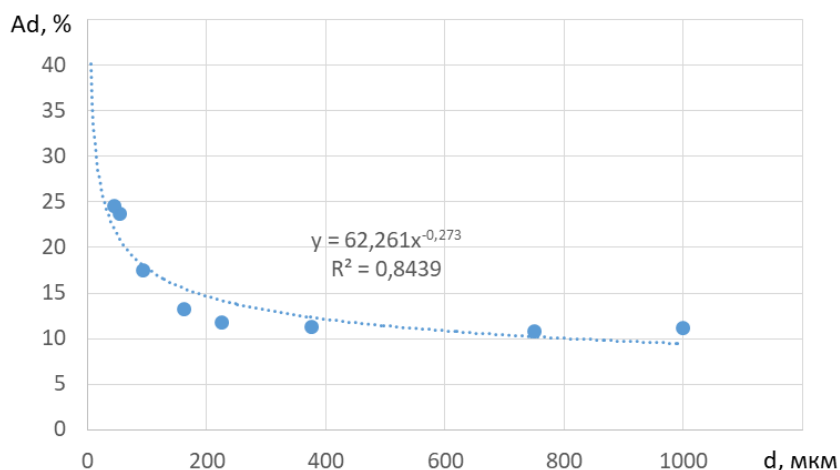


Рис. 1. Зависимость зольности шлама от диаметра частиц

В ходе анализа приведенной на рисунке 1 зависимости величины зольности исходного угольного шлама от диаметра твердых частиц установлено, что с уменьшением размера фракции наблюдается возрастание по степенному закону содержания негорючих веществ, вплоть до 40%, при

этом величина A^d при значениях крупности частиц остается практически постоянной.

Согласно данным различных исследователей [1] одним из передовых способов измельчения угольных частиц в потоке, наряду с кавитационными методами, является использование высоковольтного электрического разряда в среде

водоугольной суспензии. Указанный способ целесообразно использовать в рамках существующих схем обогащения отходов угольной промышленности.

Для оценки необходимой мощности электрического разряда использована теория измельчения твердых материалов. Исходя из теоретически и экспериментально установленного факта о наибольшем распространении в природе и технике закона нормального распределения логарифмы диаметров частиц в измельченном материале, найдем его удельную поверхность в зависимости от параметров нормального распределения логарифмов диаметров частиц.

Теоретически при форме шаров или кубической формы частиц удельная поверхность полидисперсного измельченного материала может быть определена [2] из выражения

$$S = \frac{6}{\rho_n} \int_0^{\infty} F(x) \frac{dx}{x}, \text{ см}^2 / \text{г}, \quad (1)$$

где $F(x)$ - дифференциальная кривая весового распределения частиц по диаметрам (плотность распределения), $1/\text{с}$; ρ - плотность материала, $\text{г}/\text{см}^3$.

С учетом закона нормального распределения весовых долей найдем:

$$F(x) = \frac{d}{dx} \Phi \left(\frac{\ln x - \ln x_0}{\ln \beta} \right) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \ln \beta} \cdot \frac{1}{x} e^{-\frac{(\ln x - \ln x_0)^2}{2 \ln^2 \beta}}. \quad (2)$$

В уравнении (1) заменим функцию $F(x)$ ее значением из выражения (2), и выполним замену переменных в подынтегральном выражении

$$\frac{dx}{x} = d(\ln x)$$

$$\text{Обозначим } z = \frac{\ln x - \ln x_0}{\ln \beta}, \quad \omega = z + \ln \beta \quad \text{и}$$

$$d\omega = dz$$

При этом соответственно изменяются и границы интегрирования:

$$S = \frac{6}{\sqrt{2\pi} \ln \beta \rho_n} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{1}{x} e^{-\frac{(\ln x - \ln x_0)^2}{2 \ln^2 \beta}} d(\ln x) \quad (3)$$

и произведя в уравнении (3) замену переменных, получим

$$S = \frac{6e^{\frac{\ln^2 \beta}{2}}}{\rho_n x_0} \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\frac{\omega^2}{2}} d\omega.$$

Второй множитель в уравнении есть интеграл нормального распределения, который в пределах от $-\infty$ до $+\infty$ равен 1.

Итак, окончательно удельная поверхность измельченного вещества, распределение логарифмов диаметров частиц которой подлежат закону нормального распределения:

$$S = \frac{6e^{\frac{\ln^2 \beta}{2}}}{\rho_n x_0}. \quad (4)$$

Уравнение (4) устанавливает связь полной удельной поверхности с параметрами распределения логарифмов диаметров частиц измельченного вещества. По этому уравнению может быть также получена удельная поверхность частиц в диапазоне диаметров от x_1 до x_2 .

Результаты исследований. По результатам исследования связи параметров нормального распределения: математического ожидания и среднеквадратического отклонения с удельной поверхностью пыли по результатам работ Маева-Пономарева автором получены следующие значения указанных параметров (табл. 4).

Таблица 4

Значения математического ожидания, среднеквадратического отклонения и удельной поверхности пыли

Уд. поверхность	Мат. ожидание	Среднеквадрат. отклонение
$S, \text{ г}/\text{см}^2$	$X_0, \text{ мкм}$	β
1500	53	4,72
2890	23,1	4,18
4336	15,6	4,22
5700	11,7	4,18
8680	7,7	4,19
9300	6,8	4,04

Леничем С.В. [4] получено выражение, связывающее энергию A первого разрушающего удара, с соответствующим приращением удельной поверхности ΔS_{m1} исходного угольного сырья:

$$\Delta S_{m1} = -2,86 + 0,2165 V_{cm} + 0,06 \delta - 1,7875 \mu,$$

где V_{cm} - скорость дисперсной смеси, $\text{м}/\text{с}$; δ - угол поворота колена трубопровода, град.; μ - массовая концентрация аэросмеси, $\text{кг}/\text{кг}$.

$$\Delta S_{m1} = -1,035 + 0,2165 \cdot \sqrt{1,25A}, \quad (5)$$

С учётом величины прироста удельной поверхности после 1-го удара - ΔS_{m1} , выражения для прироста от последовательности ударов можно представить в виде одного уравнения [4]:

$$\Delta S_m = (\Delta S_{m1} + 0,2) - 0,2 \cdot S_m$$

$$\Delta S_{mi} = (\Delta S_{m1} + 0,2) - 0,2 \sum \Delta S_{m(2 \leftarrow i-1)}$$

Максимальная удельная поверхность $S_{m_{\max}}$ частиц определяется из уравнения (при этом $\Delta S_m = 0$):

$$S_{m_{max}} = -13,3 + 1,08V_{CM} + 0,3\delta - 8,94\mu \quad [4]$$

$$\Delta S_{m_{max}} = -1,18 + 1,08 \cdot \sqrt{1,25A} \quad (6)$$

Примем следующие основные показатели, необходимы для оценки ударного способа получения ВУТ из шламоотходов.

Механический КПД гидроудара – 0,67.

Удельная поверхность шлама – 18 м²/кг.

Содержание твердой фазы в шламе – 60%.

Содержание углерода, отделяемого от породы (угля для получения ВУТ) – 75%.

Необходимая удельная поверхность ВУТ – 260 м²/кг.

Энерговооруженность разряда при высоте камеры 140 мм, напряжении между электродами 44 кВ и расстоянии между ними 56 мм представлена ниже (табл. 5).

Таблица 5

Величина энергии приходящаяся на один удар

Удар	А, МДж
1	2,17
2	1,56
3	1,16
4	0,85
5	0,74
6	0,49
7	0,34

С учетом КПД удара удельная поверхность, соответствующая каждому из ударов представлена в табл. 6.

Таблица 6

Удельная поверхность, соответствующая каждому из ударов

Удар	А, МДж	ΔS_i , м ² /кг	$\sum \Delta S_i$, м ² /кг	$\Delta S_{m_{max}}$, м ² /кг	$\sum \Delta S_i + S_0$, м ² /кг
1	1,45	291,5	291,5	1450	1258
2	1,05	233,2	524,7		
3	0,777	186,6	711,3		
4	0,57	179,3	890,6		
5	0,50	143,4	1034		
6	0,33	114,7	1148,7		
7	0,23	91,8	1240,5		

Удельная поверхность, полученная в результате первого удара $\Delta S_{m1} = 291,5$ м²/кг.

При необходимой удельной поверхности ВУТ $S = 260$ м²/кг в результате разряда может быть получено $1258/260 = 4,8$ килограмма твердой фазы ВУТ. При расчетной производительности разрядника по ВУТ 2,5 кг/с, что соответствует 1-му разряду в секунду один разрядник позволяет получить $4,8/0,6 = 8$ кг/с топлива. При увеличении размеров разрядника вдвое (длины до 300 мм), что потребует обеспечения величины пробойного напряжения до 88 кВ будет получено 15-16 кг/с ВУТ. Учитывая наличие породы, расход сырья в разряднике составит $16/0,75 = 21$ кг/с. Поэтому разрядник целесообразно выполнить многоствольным (в составе 6-ти параллельных трубопроводов, вращающихся вокруг центральной горизонтальной оси). При этом расход сырья через 1 ствол составит $21/6 = 3,5$ кг/с. Соответствующий объемный расход составит $0,0035/1,35 = 0,0026$ м³/с. Примем диаметр трубопровода разрядника $D = 0,250$ м при сечении $0,049$ м². Тогда расходную скорость в разряднике получим равной $0,0026/0,049 = 0,053$ м/с. При времени наполнения 6 с сырье заполнит трубопровод разрядника: $0,053 \cdot 6 = 0,318$ м.

Разработана усовершенствованная технологическая схема утилизации отходов углеобогащения, использующая ударное измельчение частиц электрическим разрядом и позволяющая получить водоугольную суспензию с заданными характеристиками (рис.2).

Суть предложенной системы заключается в том, что с целью повышения эффективности обогащения угольных шламов, сгущённые шламы подвергаются воздействию ударной волны высоковольтного электрического разряда, одновременно со снижением доли негорючих веществ осуществляется измельчение крупных частиц шламов.

Техническая суть и принцип действия предложенного способа обогащения угольных шламов объясняется чертежом, на котором изображена схема реализации способа обогащения угольных шламов, который предполагает выполнение следующих операций: сгущение шламовых вод 1, воздействию ударной волны высоковольтного электрического разряда 2, подготовку пульпы гидросепарацией 3, обезвоживание фугата 4, обогащение флотацией фугата 5 и сгущение отходов флотации и возвращение их на гидросепарацию 6.

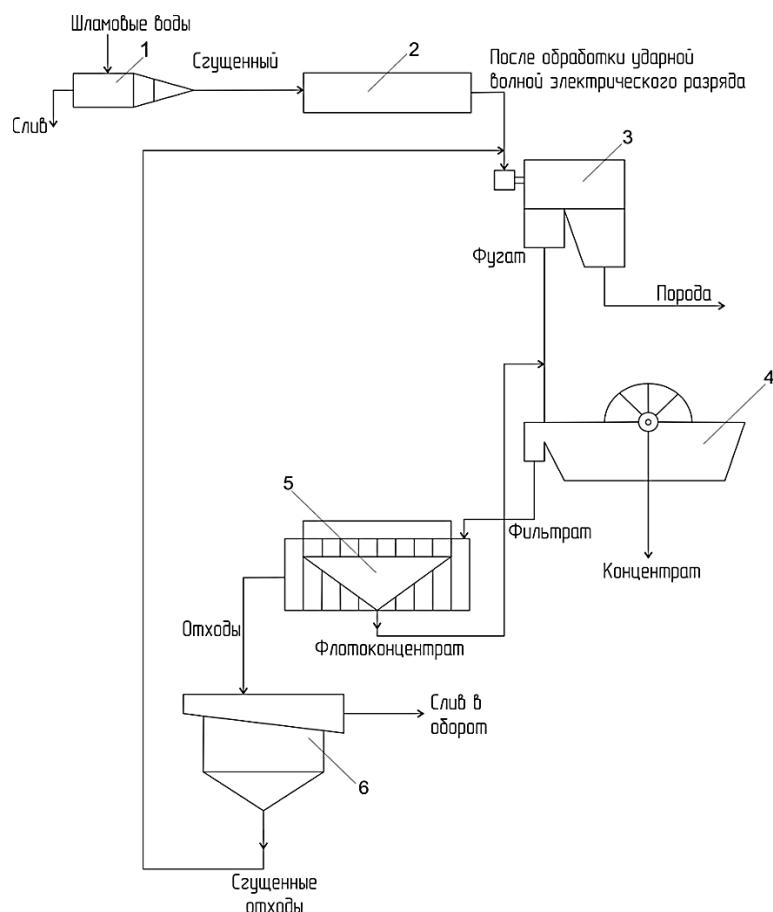


Рис. 2. Схема обогащения шламов в рамках системы приготовления ТВУС

1 – камера сгущения; 2 – зона обработки ударной волной; 3 - гидросепаратор; 4 – обезвоживание; 5 – флотация; 6 - повторное сгущение

Способ обогащения угольных шламов осуществляется следующим образом. Шламовые воды после операции сгущения 1 попадают под воздействие ударной волны высоковольтного электрического разряда 2, затем обогащаются в процессе гидросепарации 3 при одновременной подаче реагентов для подготовки пульпы. При скорости вращения ротора гидросепаратора 150-200 об/мин частицы плотностью 1800-2000 кг/м под действием центробежной силы осаждаются на внутренней поверхности ротора, транспортируются шнеком и в обезвоженном виде выгружаются в породный бункер. Частицы плотностью менее 1400-1800 кг/м создаваемым виброкипящим слоем удерживаются во взвешенном состоянии и выносятся фугатом через сливные окна. Фугат, уже обработанный реагентами, после выделения твердой фазы в процессе обезвоживания 4 подается на флотацию 5. Пенный продукт обезвоживается и затем присаживается к концентрату. Отходы флотации поступают на сгущение 6, а затем возвращаются в процесс гидросепарации 3 для дополнительного обогащения, т.е. выделения малозольных крупных частиц плотностью менее 1400-1800 кг/м в фугат. Отходы, оседая на внутренней поверхности ротора, выгружаются вместе с породой.

Предложенная на рис. 2 схема обогащения шламов позволяет осуществить доизмельчение угольных частиц (приведение фракционного состава отходов к заданному) в рамках технологической системы по приготовлению топливных водоугольных суспензий.

Выводы:

1. В результате проведенных исследований установлено, что практически все обводненные отходы углеобогащения требуют дополнительного измельчения в процессе приготовления топливной водоугольной суспензии.

2. Одним из перспективных способов измельчения частиц угля в жидкой среде, наряду с кавитацией, является использование высоковольтного электрического разряда. При этом данный способ целесообразно использовать в рамках существующих систем обогащения тонкодисперсных материалов.

3. При разрушении частиц твердого материала следует учитывать энергию первых семи ударных волн, так как только они обладают достаточной долей энергии для осуществления процесса измельчения.

4. Наибольшее значение получаемой удельной поверхности приходится на 1-й удар, дальнейшее

увеличение поверхности частиц материала снижается по степенному закону.

5. Современные подходы и способы измельчения шламовых отходов дополняют и совершенствуют существующие схемы обогащения отходов, а также системы приготовления водоугольных суспензий из побочных продуктов угольной промышленности.

Л и т е р а т у р а

1. Артёмов А.В. Получение наноразмерных металлов электрическим разрядом в жидкости / А.В. Артёмов, В.А. Жильцов, Ю.А. Крутяков, М.Н. Иванов, А.В. Переславцев, М.В. Петрова, А.В. Тимофеев, О.В. Шеляков // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Плазменная электроника и новые методы ускорения. - Курчатов, 2008. № 4. - С.150-154.

2. Дмитриева Л. А. Исследование процесса измельчения хрупких материалов: дис. канд. техн. Наук / Дмитриева Любовь Анатольевна. – Иваново: ИГАСУ, 2006. – 165 с.

3. Круть А. А. Развитие физико-технических основ технологий приготовления и гидротранспортирования водоугольных суспензий высокой концентрации: дис. доктора техн. наук/ Круть Александр Анатольевич. - Днепропетровск, 2011. - 279 с.

4. Ленич С.В. Совершенствование транспортной системы пылеприготовления путем измельчения угля при пневмотранспортировании: дис. канд. техн. наук/ Ленич Сергей Васильевич. – Луганск: ЛГУ имени В. Даля, 2021. – 153 с.

5. Папин А.В. Разработка технологического процесса утилизации угольных шламов Кузнецкого бассейна в виде высококонцентрированных водоугольных суспензий: дис. канд. техн. наук/ Папин Андрей Владимирович. – Кемерово: Изд-во КГТУ, 2004. – 138 с.

Gutko Yu.I., Kapustin D.A., Kushchenko A.V.
MODERN TRENDS IN IMPROVING THE TECHNOLOGY OF WATER-COAL FUEL (SUSPENSION).

The work is devoted to the study of modern technologies for obtaining a water-coal suspension suitable for use in heat generating installations from flooded waste coal. A scheme for

the enrichment of sludge waste using a unit for stream grinding of coal particles by a shock wave of a high-voltage electric discharge is presented. Theoretical studies of the process of grinding solid particles by shock waves were carried out with the determination of the increase in the specific surface area for each impact.

Key words: grinding, method, scheme, enrichment, electric discharge, sludge.

Гутко Юрий Иванович, д.т.н. профессор кафедры «Промышленное и художественное литье» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.
E-mail: iuriigutko@yandex.ru

Gutko Yuri Ivanovich, Doctor of Sciences, a Professor of the Chair «Industrial and Art Casting SEE HT LPR «Luhansk Vladimir Dahl State University».

Капустин Денис Алексеевич, к.т.н. доцент кафедры «Информационные образовательные технологии и системы» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный педагогический университет», г. Луганск.
E-mail: kap-kapchik@mail.ru

Kapustin Denis Alekseevich, Candidate of Sciences, a dosent of the Chair «Information educational technologies and systems», State Educational Establishment of Higher Professional Education «Lugansk State Pedagogical University».

Кущенко Александр Владимирович, к.т.н. доцент кафедры «Транспортные технологии» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.
E-mail: akm48848@gmail.com

Kushchenko Aleksandr Vladimirovich, Candidate of Sciences, a dosent of the Chair «Transport technologies», SEE HT LPR «Luhansk Vladimir Dahl State University».

Рецензент: Ермак Василий Петрович, д.т.н. профессор кафедры пожарной безопасности ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

Статья подана 15.12.2022

УДК 62-52:631.227.2.015

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА РАБОТЫ ИНКУБАТОРА

Жижкина Н.А., Редькин А.А.

INVESTIGATION OF THE THERMAL MODE OF OPERATION OF THE INCUBATOR

Zhizhkina N.A., Redkin A.A.

Работа посвящена исследованию влияния технологических параметров на температуру эмбриона и выводимость птенцов. В работе была выведена формула зависимости температуры эмбриона от количества закладываемых яиц в камеру инкубатора. Получено, температура эмбрионов во всех камерах (при разном количестве закладки яиц) практически равна и отличается от температуры в инкубационной камере на 0,5%, что меньше в 10 раз погрешности измерения. Установлено, что с увеличением количества яиц в 2 раза температура эмбриона возрастает на $1,4 \times 10^{-6}$ °С. Следовательно, температура эмбриона зависит от технологических параметров инкубации: температуры и влажности.

Ключевые слова: инкубация; температура эмбриона; технологический параметр.

Введение Высокая выводимость и качество молодняка наряду с биологическими характеристиками исходных яиц определяет температура зарождающих эмбрионов. Вот почему актуальным и важным для оптимизации технологии инкубации является соблюдение и оптимизация теплового режима работы инкубатора (температура, влажность, вентиляция).

Согласно результатам работы [1] температура эмбриона зависит от следующих параметров инкубации:

- температуры воздуха внутри инкубатора;
- теплообмена между яйцом и окружающей средой;
- изменение со временем тепловыделению от яйца.

Целью работы является исследование теплового режима инкубации и вывод формулы зависимости температуры от количества закладываемых яиц.

Изложение основного материала Простейшая модель теплового режима работы инкубатора основана на уравнении теплового баланса:

$$Q_{\text{конв}} + Q_{\text{нагр}} + Q_{\text{теплопр}} + Q_{\text{испар}} + Q_{\text{теплоотвод}} = 0 \quad (1)$$

где $Q_{\text{конв}}$ – тепло, переданное конвекцией воздушной среды в инкубационных камерах, Дж; $Q_{\text{нагр}}$ – тепло, необходимое для нагрева яйца; $Q_{\text{теплопр}}$ – тепло, передаваемое теплопроводностью от воздушной среды к яйцу; $Q_{\text{испар}}$ – тепло, потерянное при испарении, Дж; $Q_{\text{теплоотвод}}$ – тепло, выделяемое яйцом в воздушную среду, Дж.

Зону инкубации рассматриваем как пористую среду с коэффициентом пористости

$$m = \frac{V - NV_{\text{я}}}{V} \quad [1], \quad (2)$$

где N – количество яиц, загруженных в инкубационную камеру, шт;

V – объем зоны инкубации, м^3 $V = 30 \text{ м}^3$.

$V_{\text{я}}$ – объем одного яйца, м^3 . $V_{\text{я}} = 53,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$

Уравнение (1) рассмотрим только в плоскости движения воздушной среды (вентиляция). Будем считать, что вентиляция перемещения воздуха отсутствует. Предположим, что начальные температуры воздушной среды и яиц одинаковы. Такое допущение объясняется незначительным отклонением от температуры (1-2 °С).

Для нагрева яиц в инкубаторе передать им тепло от воздушной среды только конвективной теплоотдачей поскольку теплообмен в инкубаторе за счет излучения незначителен (температура отличается на величину – 2 °С).

Процесс конвективного теплообмена происходит между яйцом и движущейся воздушной средой. Известно [1] течение любого рода характеризуется турбулентным движением. При этом перенос тепла осуществляется путем перемешивания объема воздушной среды, а, следовательно, этот вид теплообмена непрерывно связан с переносом воздушной среды. При соприкосновении движущейся воздушной среды с яйцом, происходит обтекание его поверхности, что вызывает конвективный теплообмен – совместный процесс передачи тепла конвекцией и теплопроводностью. При этом течении воздушной среды в непосредственной близости от поверхности яйца всегда ламинарный характер, а через ламинарный пограничный слой теплота передается только путем теплопроводности, а в остальной части потока воздушной массы – конвекцией.

Тепло передаваемое конвекцией

$$Q_{\text{конв}} = \alpha \cdot (T_{\text{конеч.}} - T_{\text{нач.}}) \cdot F_{\text{инк кам}} \cdot \tau, \quad (3)$$

где $\alpha = 100 - 200 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$ – коэффициент теплоотдачи при вынужденной конвекции (поскольку движение воздушной массы в инкубации обуславливает вентиляция; $T_{\text{конеч.}}$ и $T_{\text{нач.}}$ – температура на выходе и входе в инкубационную камеру, °С, $T_{\text{нач.}} = 24$ °С,

$F_{\text{инк.кам}}$ – площадь сечения инкубаторной камеры, м^2 ; τ – продолжительность процесса инкубации, ч.

Тепло, передаваемое теплопроводностью от воздушной среды к яйцу

$$Q = \lambda \cdot \frac{(T_{\text{камеры}} - T_{\text{яйца}})}{h_{\text{скорл}}} \cdot F_{\text{яйца}}, \quad (4)$$

где $\lambda = \lambda_v \cdot m + \lambda_{\text{яйца}}(1 - m)$ – среднесмешанная теплопроводность зоны инкубации; $T_{\text{яйца}}$ – температура яйца, $^{\circ}\text{C}$; $h_{\text{скорл}}$ – толщина скорлупы яйца, м; $F_{\text{яйца}}$ – площадь поверхности, огибаемая воздушной средой, м^2 .

Таблица 1

Теплофизические характеристики яиц [2]

Яйцо и его компоненты	Технологический параметр			
	плотность $\rho, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	теплоемкость $C, \frac{\text{КДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	теплопроводность $\lambda, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$	Температуро- проводность $a \cdot 10^8 \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$
Белок	1039-1042	3,56	0,58	1,57
Желток	1028-1035	2,71	0,31	1,08
Скорлупа	2230-2316	0,81	0,93	4,80
Содержимое яйца	1026-1035	2,93-3,56	0,35-0,64	1,25-1,81
Яйцо в целом	1055-1096	3,01-3,27	0,513-0,522	1,53

Масса яйца $M_{\text{яйца}} = 58 \cdot 10^{-3}$ кг; площадь поверхности $F_{\text{яйца}} = 68 \cdot 10^{-4}$ м^2 ; объем яйца $V = 53,5 \cdot 10^{-6}$ м^3 .

Тепло, необходимое для нагрева яйца рассчитываем по формуле

$$Q_{\text{нагрев}} = C \cdot M \cdot (T_{\text{эмб.яйц}} - T_{\text{яйца}}), \quad (5)$$

где C – среднесмешанная теплоемкость зоны инкубации, $\frac{\text{КДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$; M – масса закладки яиц, кг; $T_{\text{эмб.яйц}}$ – температура эмбриона, $^{\circ}\text{C}$; $T_{\text{яйца}}$ – температура нагрева яйца.

Среднесмешанная теплоемкость зоны инкубации рассчитывали по формуле

$$C = C_v \cdot \rho_v \cdot m + c_{\text{яйца}} \cdot \delta_{\text{яйца}} \cdot (1 - m), \quad (6)$$

где $C_v = 1005 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$ – теплоемкость воздуха, $\rho_v = 1,29 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ плотность воздуха, $c_{\text{яйца}} \cdot \delta_{\text{яйца}}$ – теплоемкость ($\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$) и плотность ($\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$) яйца соответственно (табл.1).

В процессе метаболический процессов в яйце образуется вода, которая испаряется в воздушную среду до 12% от массы яйца [3]. Яйцо теряет около 0,4 г. воды в день, что эквивалентно потере мощности $N_{\text{исп}} = 11,2$ мВт. Следовательно, тепло яйца, потерянное от испарения за весь период инкубации, рассчитывают по формуле:

$$Q_{\text{исп}} = N_{\text{исп}} \cdot \tau, \quad (7)$$

где τ – продолжительность процесса инкубации, ч; для рассматриваемого случая $\tau = 21$ день = $21 \cdot 24 = 504$ ч. – время развития эмбриона.

Тепловыделение яиц в рассматриваемых инкубаторах незначительно, поскольку температура отличается на величину около 1-2 $^{\circ}\text{C}$.

Подставив (2) – (7) в (1), получим уравнение теплового баланса:

$$\alpha \cdot (T_{\text{конеч.}} - T_{\text{нач.}}) \cdot F_{\text{инк.кам}} \cdot \tau + [C_v \cdot \rho_v \cdot m + c_{\text{яйца}} \cdot \delta_{\text{яйца}} \cdot (1 - m)] \cdot M \times (T_{\text{эмб.яйц}} - T_{\text{яйца}}) \cdot N_{\text{исп}} \cdot \tau - [\lambda_v \cdot m + \lambda_{\text{яйца}}(1 - m)] \cdot \frac{(T_{\text{камеры}} - T_{\text{яйца}})}{h_{\text{скорл}}} \cdot F_{\text{яйца}} = 0 \quad (8)$$

Результаты исследований После преобразований формулы (8), получили формулу зависимости температуры эмбриона от технологических параметров инкубации и количества закладываемых в инкубатор яиц.

$$T_{\text{эмб.яйц}} = \frac{2857,6N + 123826,8N^2 - 13,6}{75,2N + 3258,6N^2} \quad (9)$$

В соответствии с формулой (3.9) и на основании результатов измерений температуры в действующих инкубационных камерах СООО «Успенская инкубаторная станция» получена табл. 2.

Таблица 2

Результаты измерений температуры в инкубационных камерах и расчета температуры эмбриона

№ инкубационной камеры	Количество яиц в закладке, шт.	Температура в инкубационной камере, $^{\circ}\text{C}$	Расчетная температура эмбриона, $^{\circ}\text{C}$	Выводимость, %
1	6000	38,2	37,99999806	87
2	4000	38,2	37,99999708	88
3	5500	38,2	37,99999788	88
4	6500	38,2	37,99999821	84
5	3550	38,2	37,99999671	85
6	4000	38,2	37,99999708	84

Результаты табл. 2 показали, что температура эмбрионов во всех камерах (при различном количестве закладки яиц) практически равна и отличается от температуры в инкубационной камере на 0,5%, что меньше в 10 раз погрешности измерения (рисунок 1).

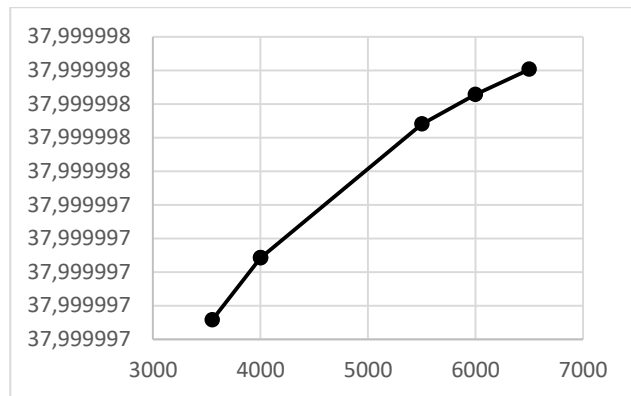


Рис. 1. Зависимость температуры яиц (°C) от количества яиц в закладке (шт.)

Выводы 1. Анализ выводимости птенцов в исследуемых камерах (см. таблицу 2) показал, что ее среднее значение составляет 86%, а ее отклонение по камерам находятся в пределах статистической погрешности – среднеквадратичное отклонение составляет 1,66 (согласно формуле 2.2).

2. Таким образом определена зависимость температура эмбриона от количества закладываемых яиц. Получено, температура эмбрионов во всех камерах (при различном количестве закладки яиц) практически равна и отличается от температуры в инкубационной камере на 0,5%, что меньше в 10 раз погрешности измерения. Установлено, что с увеличением количества яиц в 2 раза температура эмбриона возрастает на $1,4 \times 10^{-6}$ °C. Следовательно, температура эмбриона зависит от технологических параметров инкубации: температуры и влажности.

Л и т е р а т у р а

1. Девашис М. Исследование температурных полей в промышленных инкубаторах / автореферат дис. на соискание канд. с/х наук. – Москва, 2005. – 70 с.
2. Тращикин П.Ф. Термоконтрастный режим искусственной инкубации куриного яйца/ автореферат дис. на соискание канд. с/х наук. – Персиановка: ВТАУ, 1994. – 18 с.

3. Schmidt Nielson, K., Animal Physiology – Cambridge University Press, 1975 – 40 p.

Zhizhkina N. A., Redkin A. A. **INVESTIGATION OF THE THERMAL MODE OF OPERATION OF THE INCUBATOR**

The work is devoted to the study of the influence of technological parameters on embryo temperature and hatchability of chicks. In the work, a formula was derived for the dependence of the embryo temperature on the number of eggs laid in the incubator chamber. It was found that the temperature of the embryos in all chambers (with a different number of egg laying) is almost equal and differs from the temperature in the incubation chamber by 0.5%, which is 10 times less than the measurement error. It was found that with a 2-fold increase in the number of eggs, the embryo temperature increases by 1.4×10^{-6} °C. Therefore, the temperature of the embryo depends on the technological parameters of incubation: temperature and humidity.

The aim of the work is to study the thermal mode of incubation and to derive a formula for the dependence of temperature on the number of eggs laid.

Key words: incubation; embryo temperature; technological parameter.

Жи́жкина Наталья Александровна доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Охрана труда» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный аграрный университет», г. Луганск.
E-mail: litjo_snu@mail.ru

Zhizhkina Natalia Aleksandrovna, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of "Labor Protection" of the State Educational Institution of the LPR "Lugansk State Agrarian University", Lugansk.

Редькин Артем Алексеевич, аспирант ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный аграрный университет», г. Луганск.
E-mail: artemredkin911@gmail.com

Redkin Artem Alekseevich, postgraduate student of the State Educational Institution of the LNR "Lugansk State Agrarian University", Lugansk.

Рецензент: Сёмин Дмитрий Александрович, доктор технических наук, профессор ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

Статья подана 16.12.2023

УДК 378.016

ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЗВИТИЯ ПОЗНАВАТЕЛЬНОГО ИНТЕРЕСА У СТУДЕНТОВ ИТ-ПРОФИЛЯ

Зинченко В.О., Суворова Е.Ю., Мальцев Я.И.

PEDAGOGICAL CONDITIONS FOR THE DEVELOPMENT OF COGNITIVE INTEREST IN IT STUDENTS

Zinchenko V.O., Suvorova E.Yu., Maltsev Y.I.

В статье рассматривается психолого-педагогическая сущность понятия познавательный интерес, предложены педагогические условия, оказывающие существенное влияние на развитие познавательного интереса у будущих ИТ-специалистов в процессе изучения профильных дисциплин

Ключевые слова: Познавательный интерес, организационно-педагогические условия, практико-ориентированный подход, проектная деятельность, иммерсивные технологии.

Введение. Одной из важнейших задач педагогики является раскрытие сущности понятия успеваемость как показателя качества результатов обучения студента в рамках конкретной дисциплины или направления. Достаточно полно определены факторы, имеющие решающее значение при ее формировании [2]. Глубоко исследованы теоретико-методологические подходы повышения успеваемости [1, 3]. Однако, гораздо меньше внимания уделяется способам и методам поддержания интереса студентов в процессе изучения этих самых дисциплин. А между тем, именно интерес служит важным когнитивным и мотивационным стимулом, запускающим сильные эмоциональные реакции – любопытство, желание глубоко вникнуть в вопрос, докопаться до «истины», довести начатое до конца. Интерес является наиболее эффективным способом управлять вниманием и становится движущей силой процесса обучения и усвоения материала. Познавательный интерес позволяет студенту создавать индивидуальную образовательную траекторию, а в будущей профессиональной деятельности оставаться востребованным и конкурентоспособным. Таким образом, проблема разработки стратегии развития познавательного интереса становится **сверхактуальной**, если не критически важной.

Анализ психолого-педагогических исследований показывает сложность и многогранность понятия «познавательный интерес». Толковать это понятие предлагается как потребность студента в приобретении знаний [4, 6]; выборочная ориентация на индивидуальное усвоение знаний в определенной предметной области [5], собственные симпатии и предпочтения в отношении определенного объекта или темы изучения [7], избирательная направленность личности, обращенная к области познания, к ее

предметной стороне и самому процессу овладения знаниями [10]. В работах [9, 11] «познавательный интерес» рассматривается как психологическое состояние внимания к конкретному объекту или вопросу; устойчивая готовность к повторному погружению в тему; процесс, способствующий успешному усвоению знаний и достижению учебных результатов.

Осознавая важность познавательного интереса как побудительной силы деятельности обучающихся, наше исследование было направлено на поиск эффективных путей развития познавательного интереса в процессе подготовки будущих ИТ-специалистов. Мы выделили ряд важных, на наш взгляд, педагогических условий, способствующих этим целям: 1) практико-ориентированное совершенствование содержания дисциплин профильной подготовки; 2) разработка комплектов заданий на основе иммерсивных технологий к дисциплинам профильной подготовки; 3) проектный характер самостоятельной работы будущих ИТ-специалистов.

Практико-ориентированное совершенствование содержания дисциплин профильной подготовки – организационно-педагогическое условие, которое инициирует активизацию умственной деятельности студентов за счет понимания связи учебного материала с его практической составляющей. В основе практико-ориентированного подхода лежит интеграция теории и практики в рамках одного курса, нацеленная на повышение способности студентов применять полученные знания и стать профессионалами-практиками в выбранной ими области. Дисциплины профильной подготовки должны содержать профессионально-ориентированные задачи – сложный набор учебных заданий, имитирующих проблемы, с которыми студенты столкнутся в будущей профессиональной деятельности. Каждая поставленная учебная проблема содержит полный цикл решения задачи – от актуализации знаний, полученных в процессе обучения, до самостоятельного поиска необходимой информации, разработки плана решения, последующего самоанализа. Для студентов ИТ-профиля практико-ориентированная направленность материала поможет понять сложные технологические

процессы и режимы производства, научиться предвидеть возможные проблемы в производственном процессе и реализации подходов к устранению негативных факторов влияния в рабочем процессе. Таким образом, практико-ориентированное совершенствование содержания дисциплин профильной подготовки ориентирует развитие познавательного интереса будущих IT-специалистов на решение непрерывно расширяющегося спектра задач профессиональной деятельности.

Кроме корректировки содержания обучения необходимо обратить внимание на способы представление этого содержания. В нашем исследовании мы установили, что именно формы представления учебного контента является (или не являются) триггером, стимулирующим развитие познавательного интереса. На наш взгляд, разработка комплектов заданий на основе иммерсивных технологий к дисциплинам профильной подготовки является вторым важным педагогическим условием успешного развития познавательного интереса будущих IT-специалистов. Поскольку статические печатные материалы не предполагают никакого взаимодействия со студентами и основаны на пассивной передаче знаний, иммерсивные технологии преодолевает эти недостатки. Иммерсивный контент является динамичным, т.к. существуют возможности обогащать учебный материал новыми упражнениями и интересными элементами, иначе говоря, адаптировать учебное содержание к познавательным потребностям современных студентов IT-профиля. Апробированный нами комплект заданий на основе иммерсивных технологий, не только носит практико-ориентированный характер, но и обеспечивает поэтапное усложнение решаемых задач, что способствует устойчивому поддержанию познавательного интереса у будущих IT-специалистов к изучению профильных дисциплин.

Следующим важным организационно-педагогическим условием развития познавательного интереса мы рассматриваем проектный характер самостоятельной работы будущих IT-специалистов. Проектное обучение акцентирует внимание на учебную деятельность, которая носит долгосрочный, междисциплинарный характер и способствует актуализации профессиональных интересов обучающихся, включению поставленной задачи в контекст будущей профессиональной деятельности. В отличие от традиционных форм проведения занятий, в проектном обучении студенты не должны пассивно поглощать знания, а педагог, в свою очередь, не должен быть только передатчиком научных фактов. Проектное обучение – возможность будущему специалисту IT-индустрии приобрести опыт самостоятельной познавательной деятельности. Значительное преимущество проектной деятельности перед другими методами обучения в ее междисциплинарном характере, поскольку довольно часто решаемая в проекте проблема требует привлечения знаний из различных учебных

дисциплин. Кроме того, в соответствии с практико-ориентированным подходом, в рамках учебного проектирования рекомендуется поставить перед обучающимися максимально приближенную к реальности профессиональную задачу, решение которой поможет студентам проявить способность к выполнению своих профессиональных функций. Результатом совместного (при работе в команде) или индивидуального проекта становится произведенный студентами программный или информационный продукт.

Каждый этап проектной деятельности способствует развитию личностных качеств, необходимых будущему специалисту в области информационных технологий, таких как: эмоциональная устойчивость, инициативность, коммуникабельность, наблюдательность, настойчивость и т.д. В ходе работы над проектом у студентов формируются такие компетенции, как умение работать в команде, способность к аналитическому мышлению, готовность нести ответственности за принятые решения, способность доводить дело до конца, владение способами сбора и обработки информации, умение ставить цель и планировать свою деятельность. Таким образом достигаются образовательные и воспитательные цели профессионального обучения – освоение новых способов деятельности, установление новых форматов профессионального взаимодействия и получение новых информационных продуктов.

Вывод. Понимание природы и логики формирования и развития познавательного интереса у студентов, получающих образование в IT-сфере, должны помогать преподавателям в разработке стратегии его развития у своих студентов. Грамотно выбранные (в соответствии с потребностями данной категории студентов) и планомерно реализованные педагогические условия позволяют педагогу достичь цели развития познавательного интереса. Так, сознательно сконструированные педагогом учебные ситуации, максимально приближенные к задачам реального рабочего процесса, проектный характер самостоятельной работы будущих IT-специалистов и адаптированные к познавательным потребностям современных студентов IT-профиля способы представления содержания обучения – эффективные направления педагогической деятельности, которые в совокупности определяют достижение успешного результата в сложной работе развития познавательного интереса.

Л и т е р а т у р а

1. Кузнецова Е. Изучение факторов, влияющих на школьную успеваемость // Портал «Справочник». – URL https://spravochnick.ru/psihologiya/izuchenie_faktorov_vliyayuschih_na_shkolnuyu_uspevaemost.
2. Забрамная С., Костенкова Ю. Неуспеваемость как она есть // Школьный психолог. – 2004. – №45. – С.27-30.
3. Шмарихина Е. С. Исследование факторов успеваемости обучающихся // Вестник НГУЭУ. – 2018. №3. – С. 130-143

4. Бондаревский, В.Б. Воспитание интереса к знаниям и потребности к самообразованию: книга для учителя / В.Б. Бондаревский. – Москва: Просвещение, 1985. – 144 с.

5. Божович Л.И. Проблемы формирования личности: избранные психологические труды / Л. И. Божович. – Москва: Институт практической психологии; Воронеж: МОДЭК, 1995. – 352 с.

6. Сущенко Т.И. Педагогические наставления К. Ушинского и современный личностно-ориентированный педагогический процесс / Т.И. Сущенко // Педагогика формирования творческой личности в высшей и общеобразовательной школах. – 2015. – Вып. 41. – С. 46-53.

7. Морозова Н.Г. Учителю о познавательном интересе. – М.: Знание, 2009. – 246 с.

8. Щукина Г. И. Активизация познавательной деятельности учащихся в учебном процессе: учеб. пособие для студ. пед. ин-тов / Г.И. Щукина. – М.: Просвещение, 1979. – 160 с

9. Леонтьев А. Потребности, мотивы и эмоции. М: Педагогика, 1984, с. 288.

10. Эйнли М. Связь с обучением: мотивация, аффект и познание в процессах интересов. Педагогический психологический обзор. – 2006, № 18. – С. 391-405.

11. Назаренко Н.В., Яцевич Л.П. Проектная компетентность будущих специалистов в области информационных технологий // Педагогический журнал. 2019. Т. 9. № 5А. Ч. I. – С. 366-373. DOI: 10.34670/AR.2020.45.5.154.

12. Комисарова А.В. Метод проектов как педагогическое условие формирования информационной компетентности студентов технического вуза // Человек и образование. 2011. № 2, – С. 77-83

13. Вашкевич Н.Н. Сущность понятия «педагогические условия» в специальной научной литературе / Н.Н. Вашкевич, Н.В. Бычкова // Эстетическое образование: традиции и современность. Материалы V Международной студенческой научно-практической конференции: Минск, 2017. – С. 231-234.

Zinchenko V.O., Suvorova E.Y., Maltsev Y.I.
PEDAGOGICAL CONDITIONS FOR THE
DEVELOPMENT OF COGNITIVE INTEREST IN IT
STUDENTS

The article deals with the psychological and pedagogical essence of the concept of cognitive interest, suggests the pedagogical conditions, which have a significant impact on the development of cognitive interest in future IT-specialists in the study of profile disciplines.

Key words: Cognitive interest, organizational-pedagogical conditions, practice-oriented approach, project work, immersive technologies.

Зинченко Виктория Олеговна, профессор, доктор педагогических наук, профессор кафедры педагогики ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный педагогический университет», г. Луганск.

E-mail: metelskayvika@mail.ru

Zinchenko Victoria Olegovna, Professor, Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Department of Pedagogy, Lugansk State Pedagogical University

Суворова Евгения Юрьевна, старший преподаватель кафедры «Информационные образовательные технологии и системы» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный педагогический университет», г. Луганск.

E-mail: suvorova.itstep@gmail.com

Suvorova Eugenia Yurievna, a senior lecturer of the Department of Information Educational Technologies and Systems of Luhansk State Pedagogical University

Мальцев Ярослав Иванович, доцент, кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной математики ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

E-mail: y_maltsev@ukr.net

Maltsev Yaroslav Ivanovich, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Applied Mathematics SEE HT LPR «Luhansk Vladimir Dahl State University».

Рецензент: Сёмин Дмитрий Александрович, доктор технических наук, профессор ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

Статья подана 15.11.2022 г

УДК 621.694

КРИТЕРИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ И ОПТИМАЛЬНЫЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ СТРУЙНОГО НАСОСА ГИДРОУДАРНОГО ЭЖЕКТОРНОГО СНАРЯДА ПРИ БУРЕНИИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СКВАЖИН

Квенцель А.Л., Ремень В.И.

PERFORMANCE CRITERIA AND OPTIMAL GEOMETRIC PARAMETERS OF A JET PUMP OF A HYDRAULIC IMPACT EJECTOR PILOT WHEN DRILLING ENGINEERING AND GEOLOGICAL WELLS

Kventsel A.L., Remen V.I.

Разработана математическая модель рабочего процесса эжекторного снаряда при вращательно-ударном разведочном бурении, в которой впервые работа эжекторного снаряда рассмотрена в неразрывной связи с рабочим процессом высокочастотной гидроударной машины. В процессе интегрирования математической модели получены теоретические характеристики струйного насоса эжекторного снаряда, подтвержденные стендовыми исследованиями. Введены понятия: цикловой коэффициент полезного действия и цикловой коэффициент эжекции. Выявлено, что сред-ний за рейс цикловой коэффициент полезного действия, может служить критерием эффективности работы гидроударного эжекторного снаряда. Предложена методика выбора оптимальных, по среднему за рейс цикловому коэффициенту полезного действия, геометрических размеров эжектора.

Ключевые слова: эжекторный снаряд, струйный насос, гидроударник, прерывисто-пульсирующий поток, математическая модель, средний за рейс цикловой коэффициент полезного действия, оптимальные геометрические параметры эжектора.

Введение. Среди гидродинамических машин применяемых при проведении инженерно-геологических изысканий в разрушенных трещиноватых породах (бурение разведочных скважин с при забойной обратной цирку-ляцией) струйные насосы (эжекторы) принадлежат к числу наиболее рас-пространенных. Если учесть, что эжекторы, выполняя определенные технологические функции при вращательно-ударном бурении, работают в составе колонкового набора, как правило, непрерывно в течение рейса, то даже незначительное повышение их эффективности приводит в итоге к существенной экономии энергии и жидкой рабочей среды.

Для повышения эффективности работы эжекторных снарядов при вращательно-ударном бурении необходимо рассматривать работу струйного насоса эжекторного снаряда в

неразрывной связи с рабочим процессом высокочастотной гидроударной машины [1], и основываясь на этом, обосновать критерии эффективности работы и выбор оптимальных геометрических параметров струйных насосов эжекторных снарядов.

Целью настоящей работы является определение оптимальных критериев эффективности работы и рациональных геометрических параметров струйного насоса, с целью повышения эффективности работы струйного насоса эжекторного снаряда с прерывисто-пульсирующей подачей активной жидкости, выходящей из гидроударника, при вращательно-ударном бурении разведочных скважин малого диаметра.

Изложение основного материала. Эффективность работы струйного насоса характеризуется коэффициентом полезного действия, который в зависимости от степени полезного использования остаточной энергии активного потока может изменяться в достаточно широких пределах от $\eta_{\min}$ до $\eta_{\max}$ [4]. Максимальный к.п.д. соответствует работе эжектора в таких системах, где полезно используется не только энергия, полученная пассивным потоком жидкости, но и остаточная энергия активного потока; минимальный к.п.д. соответствует работе эжектора в системах, где полезно используется лишь энергия, передаваемая пассивному потоку (в частности, вакуум – насосы), остаточная же энергия активного потока бесполезно рассеивается.

При работе струйных насосов в составе эжекторного снаряда при бурении геологоразведочных скважин эффективность работы эжектора следует определять по максимальному к.п.д. – $\eta_{\max}$, так как энергия активного потока используется полностью, часть передается пассивному потоку, а остаточная энергия активного потока расходуется на преодоление гидравлических сопротивлений затрубного пространства [1] при

транспортировании промывочной жидкости обогащенной шламом на поверхность. Для данного случая к.п.д. эжектора определяется по следующей формуле [1.4]:

$$\eta = \frac{W_n \cdot \Delta P_{52}^* + W_a \cdot \Delta P_{12}^*}{W_a \cdot \Delta P_{12}^*} = (\alpha + 1) \frac{\Delta P_{52}^*}{\Delta P_{12}^*}, \quad (1)$$

где W_a и W_n – объемы активной пассивной жидкости, втекающих в камеру смешения за цикл работы гидроударника; ΔP_{12}^* и ΔP_{52}^* – средние относительные перепады давлений за цикл работы гидроударника; α – цикловой коэффициент эжекции; r – коэффициент использования остаточной энергии активного потока, для нашего случая $r = 1.0$.

Средний за цикл расход активного потока $Q_1 = Q_n$, следовательно:

$$\alpha_{\text{ц}} = \int_0^1 q_0 dt; \quad (2)$$

Однако, формулу (1) можно рекомендовать для эжекторов, имеющих постоянный режим работы – среднее значение относительного перепада и

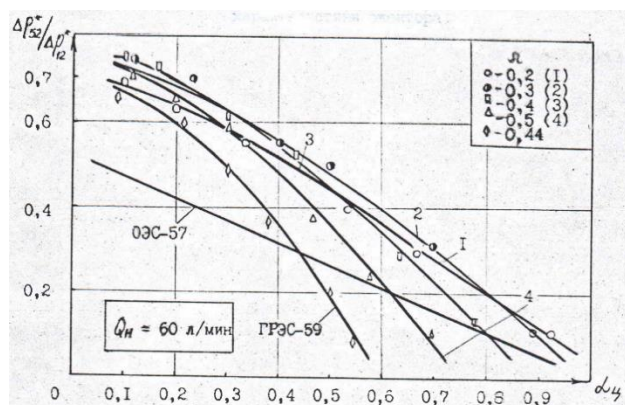


Рис. 1. Экспериментальные и теоретические характеристики эжектора

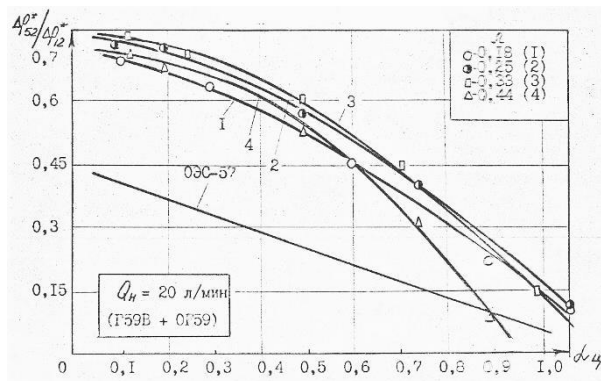


Рис. 3. Экспериментальные и теоретические характеристики эжектора

Следует отметить, на более высокие значения к.п.д. эжектора, работающего на прерывисто-

цикловой коэффициент эжекции постоянно при бурении в течение рейса.

Для струйных насосов эжекторных снарядов, как уже указывалось выше [1], характерен переменный режим работы. При заполнении колонковой трубы керном, возрастают гидравлические сопротивления в линии циркуляции обратного потока и, как следствие, снижается цикловой коэффициент эжекции $\alpha_{\text{ц}}$, при возрастании относительного перепада давления $\Delta P_{52}^* / \Delta P_{12}^*$, что подтверждается теоретическими и экспериментальными характеристиками эжектора (рис. 1, 3).

Используя полученные зависимости $\Delta P_{52}^* / \Delta P_{12}^* = f(\alpha_{\text{ц}})$, были просчитаны по формуле (1), для различных расходов бурового насоса Q_n и относительных площадей сопла $\Omega = F_0/F_4$ [1]. к.п.д. η_i при переменном режиме работы (переменные значения коэффициентов K и K_1 [1] характеризующих заполнение колонковой трубы керном).

Теоретические зависимости к.п.д. η_i от цикловой коэффициент эжекции $\alpha_{\text{ц}}$ (расходы бурового насоса 20,40,60 и 80 л/мин) для различных Ω , а также результаты экспериментов [1], представлены на рис. 2, 4, а также в табл. 1.

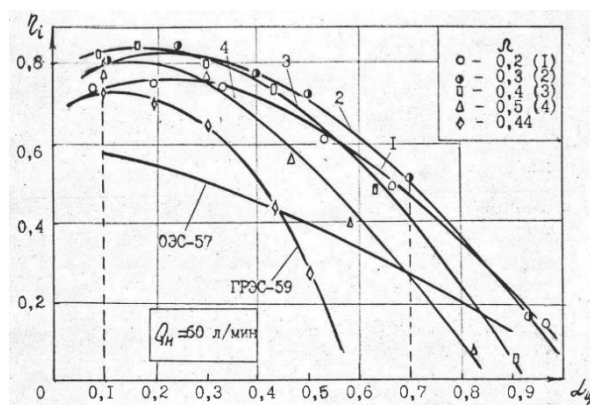


Рис. 2. Зависимость к.п.д. эжектора от коэффициента эжекции ($\alpha_{\text{ц}}$)

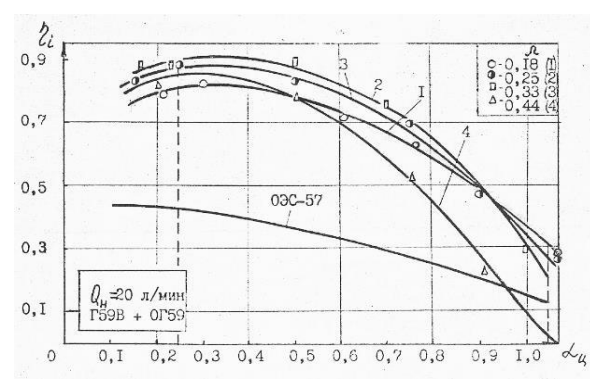


Рис. 4. Зависимость к.п.д. эжектора от коэффициента эжекции ($\alpha_{\text{ц}}$)

пульсирующей подаче активной жидкости, то есть при вращательно – ударном бурении (кривые 1, 2, 3,

4; рис. 2, 4) по сравнению с к.п.д. эжекторов, работающих на стационарном потоке (эжекторный снаряд ОЭС-57) – вращательное бурение.

Кроме того, исследуемые эжекторы с прерывисто-пульсирующей подачей способны создавать больший относительный перепад при одинаковом цикловом коэффициенте, нежели обычные эжекторы с постоянной подачей и непрерывной струей, а при одинаковых относительных перепадах имеют больший цикловой коэффициент эжекции (рис. 2, 4).

Однако, в процессе бурения, при заполнении колонковой трубы керном, возрастают гидравлические сопротивления в линии обратного потока и, как следствие, снижается цикловой коэффициент эжекции при возрастании относительного перепада давлений, что приводит к изменению циклового к.п.д. $\eta_{ц}$. Поэтому за критерий эффективности эжекторного снаряда при вращательно-ударном бурении, рекомендуется принимать средний за рейс цикловой к.п.д. $\eta_{ц\text{ ср.}}$:

$$\eta_{ц\text{ ср.}} = \int_{\alpha_{ц1}}^{\alpha_{ц2}} \eta_{ц} \cdot d\alpha / (\alpha_{ц2} - \alpha_{ц1}), \quad (3)$$

где $\alpha_{ц2}$ и $\alpha_{ц1}$ – цикловые коэффициенты, соответствующие началу и окончанию процесса бурения, т.е. за рейс (м). Интеграл в выражении (2) определялся численным интегрированием зависимостей $\eta_i = f(\alpha_{ц})$ в интервале от $\alpha_{ц1}$ до $\alpha_{ц2}$ для расходов бурового насоса 20, 40, 60 и 80 л/мин.

Цикловые коэффициенты эжекции $\alpha_{ц1}$ и $\alpha_{ц2}$ определялись экспериментальным путем [1] на стенде рис.5 и по данным экспериментов [5.8].

Было установлено, что процесс вращательно-ударного бурения эжекторными снарядами прекращается при среднем расходе эжектируемого потока за цикл 5-7 л/мин, что соответствует

цикловому коэффициенту эжекции ($\alpha_{ц1}$): 0,25; 0,15; 0,1; 0,075 для расходов бурового насоса

$Q_n = 20; 40; 60$ и 80 л/мин, соответственно. Замеры расхода эжектируемого потока перед началом, когда эжекторный снаряд с колонковой трубой находится на забое скважины, показали что коэффициент эжекции $\alpha_{ц2}$ при этом составляет: 1,05; 0,9; 0,7; 0,65. Определение цикловых коэффициентов производилось при расходах бурового насоса $Q_n = 20 - 60$ л/мин.

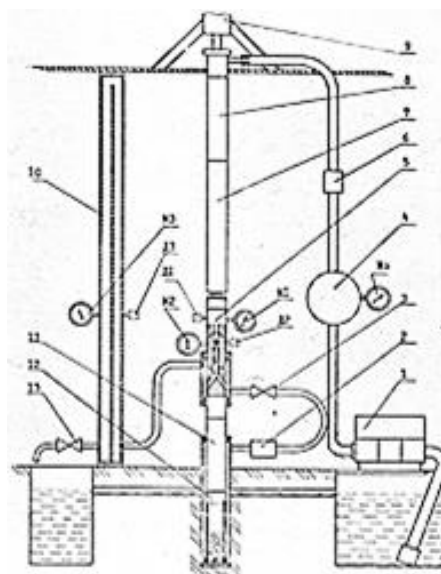


Рис. 5. Стенд для испытания гидроударных эжекторных снарядов

Результаты вычислений $\eta_{ср.}$ по формуле (2) для эжекторов с различными геометрическими параметрами Ω во всем диапазоне рабочих расходов приведены в табл. 1.

Таблица 1

$Q_n = 20 \text{ л/мин}$				$Q_n = 40 \text{ л/мин}$			
Ω	$\alpha_{ц1}$	$\alpha_{ц2}$	$\eta_{ср}$	Ω	$\alpha_{ц1}$	$\alpha_{ц2}$	$\eta_{ср}$
0,18	0,25	1,05	0,653	0,200	0,15	0,9	0,664
0,25	0,25	1,05	0,682	0,300	0,15	0,9	0,726
0,30	0,25	1,05	0,728	0,315	0,15	0,9	0,738
0,33	0,25	1,05	0,712	0,400	0,15	0,9	0,718
0,44	0,25	1,05	0,567	0,500	0,15	0,9	0,647
$Q_n = 60 \text{ л/мин}$				$Q_n = 80 \text{ л/мин}$			
Ω	$\alpha_{ц1}$	$\alpha_{ц2}$	$\eta_{ср}$	Ω	$\alpha_{ц1}$	$\alpha_{ц2}$	$\eta_{ср}$
0,20	0,1	0,7	0,673	0,20	0,075	0,65	0,685
0,30	0,1	0,7	0,734	0,30	0,075	0,65	0,742
0,33	0,1	0,7	0,745	0,35	0,075	0,65	0,756
0,40	0,1	0,7	0,714	0,40	0,075	0,65	0,722
0,50	0,1	0,7	0,628	0,50	0,075	0,65	0,653

Обработав результаты вычислений по методу наименьших квадратов, получим полиномиальные зависимости $\eta_{ср.} = f(\Omega)$ для всего диапазона

исследуемых расходов бурового насоса (20, 40, 60 и 80 л/мин), которые представлены на рис.6.

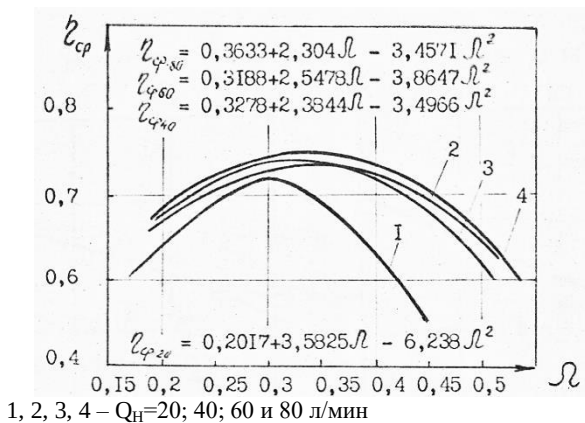


Рис. 6. Зависимость среднего к.п.д. эжектора от основного геометрического параметра Ω

Данные полиномиальные зависимости позволяют сделать вывод о степени влияния Ω на к.п.д. $\eta_{ср}$ – основной критерий эффективности работы струйного насоса гидроударно – эжекторного снаряда. Максимальные значения к.п.д. $\eta_{ср}$ эжектора достигаются в диапазоне основного геометрического параметра эжектора $0,3 \leq \Omega \leq 0,35$. Причем, при работе гидроударника Г59В с отражателем ОГ59, т.е. с увеличением частоты пульсаций активного потока, область максимальных к.п.д. $\eta_{ср}$ по Ω сужается.

Исследовав функцию $\eta_{ср} = f(\Omega)$ на экстремум, находим оптимальные значения $\Omega_{опт.}$ для всего диапазона исследуемых расходов, из соотношения:

$$\frac{\partial \eta_{ср}}{\partial \Omega} = 0, \quad (4)$$

получим после математической обработки методом наименьших квадратов, зависимость оптимального по к.п.д. $\eta_{ср}$ основного геометрического параметра эжектора Ω от относительного расхода бурового насоса $\bar{Q}_н$.

$\Omega_{опт.} = 0,3013 + 2 \cdot 10^{-4} \cdot \bar{Q}_н + 4,5 \cdot 10^{-6} \cdot \bar{Q}_н^2$, (5) которая приведена на рис.7.

Для выбора оптимальных размеров основных конструктивных элементов струйных насосов эжекторных снарядов необходимо выбрать оптимальный диаметр проходного сечения сопла из условия обеспечения минимальных потерь напора при истечении из него рабочей струи. Насадка должна иметь форму конфузора, сужающего по направлению потока, с углом конусности $25^\circ - 30^\circ$ и длиной выходного цилиндрического участка $(0,7 - 0,8) d_c$. Сопло такой формы обеспечивает коэффициент расхода $\mu = 0,93 - 0,97$.

По средним за цикл работы гидроударника расходам активного потока, равного Q_n и перепадам давления на сопле: $\Delta p_{12\text{ ср.}} \leq 0,8$ МПа для всего диапазона исследуемых расходов: от 20 до 80 л/мин, были рассчитаны диаметры проходного сечения сопла:

$$d_c = [4 Q_n / \pi \mu \cdot (2 \Delta p_{12\text{ ср.}}^* / \rho)^{1/2}]^{1/2} \quad (6)$$

уточненные опытным путем (при расходе 20 л/мин, $d_c = 4,0$ мм принят из условия незасоряемости сопла). Обработав результаты расчетов и экспериментов по

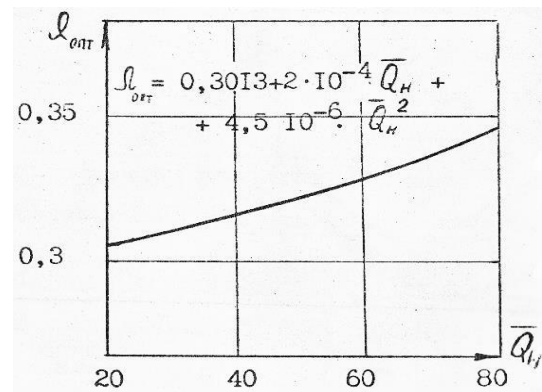


Рис. 7. Зависимость оптимального Ω от относительного расхода насоса $\bar{Q}_н$

методу наименьших квадратов, получим зависимость оптимального диаметра сопла $d_c = f(\bar{Q}_н)$:

$$d_c = 3,0 + 0,05 \cdot \bar{Q}_н \quad (7)$$

Диаметр камеры смешения (d_4) вычисляется исходя из параметра $\Omega_{опт.}$:

$$d_4 = d_c / (\Omega_{опт.})^{1/2} \quad (8)$$

Длину камеры смешения для условий вращательно – ударного бурения, то есть при прерывисто-пульсирующей подаче активной жидкости по результатам расчетов по математической модели [1] рабочего процесса эжектора и экспериментальных проливов рекомендуется принимать:

$$l_{к.с.} = (8 - 11) d_4,$$

причем максимальные значения принимаются при работе гидроударника Г59В с отражателем ОГ59 (частота пульсаций $\nu = 50 - 70$ Гц), а минимальные при работе без отражателя на расходах 40 – 80 л/мин.

$$(l_{к.с.} = (8 - 9) d_4).$$

Диффузор в работе струйного насоса непосредственного участия не принимает и предназначен для преобразования кинетической энергии в потенциальную. Установлено, что наименьшие потери [5, 7] наблюдаются в диффузоре с углом раскрытия $6 - 8^\circ$ и соотношением $d_5/d_4 = 2,0$.

Размеры приемной камеры определяются конструктивно исходя из диаметра бурения (для нашего случая – это 59 мм). Расстояние от среза сопла до начала цилиндрической части камеры смешения в гидроударных эжекторных снарядах по рекомендациям [6, 8] и экспериментальных проливов, принимается равным: $z = (0,8 - 1,2) d_c$.

Анализ осциллограмм рабочего процесса струйного насоса гидроударного эжекторного снаряда показал, что в момент разгона бойка гидроударника (клапан и боек движутся совместно – первый этап) мгновенный расход активного потока выше номинального. В результате происходит «запирание» эжектора и, как следствие, выброс активной жидкости в приемную камеру (образуются обратные токи). Это приводит к снижению, как мгновенного коэффициента эжекции, так и среднего за цикл $\eta_{ср}$ и отрицательно

сказывается на эффективности работы гидроударного эжекторного снаряда в целом.

В связи с этим было предложено увеличить диаметр камеры смещения d_4 на 10% больше расчетного, то есть $d_4 = 1,1 d_{4 \text{ расч.}}$. Кроме того, рекомендуется входной участок камеры смещения выполнять конфузным с начальным $d_4 = 1,15 d_{4 \text{ расч.}}$ на длине $l_1 = 2 d_{4 \text{ расч.}}$. Данные рекомендации были проверены экспериментально проливками макетов струйных насосов на стенде рис.5 и показали их эффективность – превышение к.п.д. $\eta_{\text{ср}}$ составило до 5%.

Выводы и анализ результатов исследований.

Сравнительный анализ кривых, представленных на рис. 1, 2, 3, 4 свидетельствует о следующем:

1. Рассчитаны и экспериментально подтверждены рабочие характеристики струйного насоса эжекторного снаряда $\Delta p^*_{52}/\Delta p^*_{12} = f(\alpha_{\text{ц}})$ и $\dot{q}_i = f(\alpha_{\text{ц}})$.

2. В качестве основного критерия оценки эффективности работы эжекторного снаряда рекомендуется принимать средний за рейс к.п.д. $\eta_{\text{ср}}$, по максимальным значениям которого определен оптимальный основной геометрический параметр эжектора $\Omega_{\text{опт.}}$, получены зависимости $\dot{q}_{\text{ср}} = f(\Omega)$, $\Omega_{\text{опт}} = f(\bar{Q}_{\text{н}})$ и $d_{\text{с}} = f(\bar{Q}_{\text{н}})$, позволяющие произвести выбор рациональных геометрических параметров гидроударного эжектора, которые были откорректированы по результатам экспериментальных проливок макетов эжекторных снарядов.

3. Достижимые к.п.д. $\eta_{\text{ср}}$ эжектора, работающего на прерывисто-пульсирующей подаче, т.е. при вращательно-ударном бурении (кривые 1, 2, 3, 4), выше, чем к.п.д. эжекторов, работающих на стационарном потоке (кривая 5) – вращательное бурение. Они имеют более высокий к.п.д. $\eta_{\text{ср}}$ при одинаковых пределах $\alpha_{\text{ц1}}$ и $\alpha_{\text{ц2}}$. Кроме того, область высоких к.п.д. $\eta_{\text{ср}}$ у них значительно шире, чем у стационарного эжектора.

4. Разработаны основные методические рекомендации по расчету и конструированию гидроударных эжекторных снарядов.

Л и т е р а т у р а

1. Квенцель А.Л., Ремень В.И. Рабочий процесс и характеристики струйного насоса эжекторного снаряда при вращательно-ударном разведочном бурении инженерно-геологических скважин. Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – №11(41). 2020. – С. 72-77.

2. Соколов Е.Я. Струйные аппараты. – 3-е изд., перераб. / Е.Я. Соколов, Н.М. Зингер. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 352 с.

3. Лямаев Б.Ф. Гидроструйные насосы и установки / Б. Ф. Лямаев. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд., 1998. – 256с.

4. Темнов В.К. Расчёт и проектирование жидкостных эжекторов: учебное пособие / В.К. Темнов, Е.К. Спиридонов. – Челябинск: ЧПИ, 1994. – 44 с.

5. Подвидз Л.Г. Эжектирование жидкости при импульсном периодическом течении активной струи /Л.Г. Подвидз, В.В. Калачёв //Динамика пневмогидравлических систем: темат. сб. науч. тр. – Челябинск: ЧПИ, 1985. – С. 52-62.

6. Спиридонов Е.К. Математическое моделирование нестационарной эжекции в струйном насосе / Е.К. Спиридонов // Вестник ЮУрГУ. Сер. «Машиностроение». – 2003. – Выпуск 3. – №17. – С.151-155.

7. Спиридонов Е.К. Математическая модель и характеристики нестационарной эжекции в струйном насосе / Е.К. Спиридонов // Современное состояние и перспективы развития гидромашиностроения в XXI веке. Труды Междунар. научно-техн. конф. – СПб.:Несто, 2005. – С. 361-365.

8. Темнов В.К., Спиридонов Е.К. Об эжекции прерывистой струей. – Известия Вузов. Энергетика. – 1986, № 9.

9. Яссов В.Г. Теория и расчет рабочих процессов гидроударных буровых машин. М., Недра, 1997. – 160 с.

Kventsel A.L., Remen V.I.

PERFORMANCE CRITERIA AND OPTIMAL GEOMETRIC PARAMETERS OF A JET PUMP OF A HYDRAULIC IMPACT EJECTOR PILOT WHEN DRILLING ENGINEERING AND GEOLOGICAL WELLS

A mathematical model of the working process of an ejector projectile during rotary percussion exploration drilling has been developed, in which, for the first time, the operation of an ejector projectile is considered in close connection with the work process of a high-frequency hydraulic percussion machine. In the process of integrating the mathematical model, the theoretical characteristics of the jet pump of the ejector projectile were obtained, confirmed by bench studies. Concepts are introduced: cyclic efficiency and cyclic ejection coefficient. It was revealed that the average cycle efficiency for a trip can serve as a criterion for the efficiency of a hydropercussion ejector projectile. A method is proposed for choosing the optimal geometrical dimensions of the ejector, according to the average cycle efficiency for a trip.

Key words: ejector projectile, jet pump, hydraulic hammer, intermittently pulsating flow, mathematical model, average cycle efficiency per trip, optimal geometrical parameters of the ejector.

Квенцель Анатолий Леонидович, к.т.н., доцент кафедры «Общобразовательные дисциплины», «Институт строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства», ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

Kventsel Anatoliy Leonidovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the "General Education Disciplines", "Institute of Construction, Architecture and Housing and Communal Services", SEE HT LPR «Luhansk Vladimir Dahl State University».

Ремень Валентин Иванович, к.т.н., доцент кафедры «Вентиляция, теплогаз- и водоснабжение», «Институт строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства», ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

Remen Valentin Ivanovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of "Ventilation, Heat, Gas and Water Supply" "Institute of Construction, Architecture and Housing and Communal Services", SEE HT LPR «Luhansk Vladimir Dahl State University».

Рецензент: Андрийчук Николай Данилович, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой «Вентиляция, теплогаз- и водоснабжение», «Институт строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства», ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

Статья подана 25.11.2022

УДК 621.43

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПАРОТУРБИННОГО УТИЛИЗАЦИОННОГО КОНТУРА ДЛЯ ПРИВОДА ПРОДУВОЧНОГО ВЕНТИЛЯТОРА ВОЛНОВОГО ОБМЕННИКА ДАВЛЕНИЯ СИСТЕМЫ НАДДУВА «COMPREX»

Ковтун А.С., Бранспиз М.Ю., Бранспиз Е.В.

THE APPLICATION PROSPECT OF STEAM TURBINE UTILIZATION CIRCUIT FOR BLOWING FAN DRIVE UNIT OF WAVE PRESSURE EXCHANGER OF COMPREX SUPERCHARGING SYSTEM

Kovtun A.S., Branspiz M.Yu., Branspiz E.V.

В статье изложена упрощенная инженерная методика оценки работоспособности системы наддува двигателя внутреннего сгорания «Comprex» с приводом продувочного вентилятора от паротурбинного контура, энергетическим источником работы которого является теплота отработавших газов двигателя после их расширения в ячейках ротора волнового обменника давления. Утилизация сбросной теплоты отработавших газов осуществляется в теплообменнике-испарителе, установленном после волнового обменника в тракте низкого давления системы «Comprex». Приведены результаты расчетов располагаемой мощности приводной турбины и мощности, необходимой для привода продувочного вентилятора при наддуве дизеля 4ЧН12/14 в широком диапазоне рабочих режимов.

Ключевые слова: наддув, утилизация тепла, волновой обменник давления, Comprex, паротурбинный контур, продувочный вентилятор.

Введение. Форсирование двигателей внутреннего сгорания (ДВС) наддувом по среднему эффективному давлению цикла остается одним из приоритетных способов улучшения их тягово-мощностных характеристик и повышения топливной экономичности. Наряду с совершенствованием газотурбинного наддува (ГТН), получившего широкое распространение на транспортных ДВС, не прекращаются попытки дальнейшего развития систем, построенных на принципах непосредственного взаимодействия потоков рабочих тел. К такому типу устройств относится, в частности, система наддува «Comprex» на базе волнового обменника давления (ВОД) [1, 2].

Система «Comprex», разработанная в Швейцарии фирмой «Brown Boveri» в середине 40-х гг. XX века нашла лишь ограниченное применение на некоторых моделях дизельных легковых автомобилей зарубежных фирм «Opel», «Volkswagen», «Mazda» выпущенных мелкими сериями в 70-80-х гг. XX века [1, 3, 4]. Причинами, препятствующими широкому применению «Comprex» в двигателестроении, являются большая в сравнении с ГТН масса и габариты, существенный подогрев сжимаемого воздуха до 160...180°C, чувствительность ВОД к

отклонению частоты вращения ротора и параметров сжимающего газа от расчетных значений. Однако, несмотря на это, научный интерес к данной системе не утрачен и поныне в силу присущих волновому обменнику таких преимуществ в сравнении с ГТН, как обеспечение более высокого давления наддува на малых и средних частотах вращения коленчатого вала ДВС, существенно меньшее время отклика на изменение режимных параметров, более низкая номинальная частота вращения ротора.

Одним из существенных недостатков ВОД является ухудшение качества продувки ячеек ротора при отклонении текущих параметров рабочего режима от расчетных значений. Данное обстоятельство объясняется низкой энергетической эффективностью импульсного режима продувки, носящего ярко нестационарный характер на начальной фазе процесса газообмена. В этот период при подключении ячейки ротора к окну отвода газа низкого давления (ОНД) происходит формирование волны разрежения, обеспечивающей ускорение газового потока до высоких скоростей, что сопровождается значительным трением о стенки ячейки. Дальнейшее истечение газа осуществляется на фоне существенного снижения основного продувочного импульса, в этот период основная диссипация энергии потока обусловлена смешением газовых струй с резко неоднородным полем скоростей, а также преодолением местных гидравлических сопротивлений [1].

В системе «Comprex» с принудительной очисткой ячеек ротора от отработавших газов продувка осуществляется вентилятором, приводимым от коленчатого вала ДВС посредством ременной передачи или при непосредственной установке рабочего колеса вентилятора на вал ротора волнового обменника. По данным предварительных расчетов, выполненных для различных двигателей, величина относительной мощности привода продувочного вентилятора в сравнении с эффективной мощностью ДВС незначительна и составляет от долей процента до нескольких процентов в зависимости от режимных и конструктивных параметров системы. В связи с этим

возникает вопрос о целесообразности разработки иных схем привода продувочного вентилятора кроме как традиционной ременной передачей от коленчатого вала ДВС. Однако поиски альтернативных типов привода ротора волнового обменника и продувочного вентилятора не прекращаются – их основной целью является улучшение эффективности работы «Comprex» в широком диапазоне скоростных режимов двигателя. Так привод продувочного вентилятора ВОД от коленчатого вала можно рекомендовать для двигателей малой и средней мощности, а также в случае первостепенности таких требований к силовой установке, как простота конструкции, надежность, минимальные габаритные размеры и масса, высокая ремонтпригодность и относительно небольшая стоимость. Для ДВС большой агрегатной мощности большегрузных транспортных машин и стационарного назначения, где на первый план выходит топливная экономичность, целесообразным представляется применение для привода продувочного вентилятора «Comprex» системы утилизации сбросной теплоты отработавших газов.

Целью работы является предварительная оценка возможности применения паротурбинного утилизационного контура для привода продувочного вентилятора системы наддува «Comprex» в широком диапазоне рабочих режимов двигателя.

Задачи исследования. Разработка простейшей схемы привода продувочного вентилятора системы «Comprex» от паротурбинного контура, утилизирующего теплоту отработавших газов ДВС и описание ее рабочего процесса.

Составление упрощенной инженерной методики расчета основных параметров системы с использованием эмпирических данных для оценки ее работоспособности во всем исследуемом диапазоне режимов работы двигателя.

Проведение расчетных исследований на основании предложенной методики.

Изложение основных материалов. Энергетическим источником продувочного импульса, возникающего в ячейке ротора при ее подключении к окну ОНД, как известно, является остаточное давление газа $p_{ост}$, устанавливающееся в ячейке после ее разобщения с окнами высокого давления. Качество очистки ячеек от остаточных газов характеризуется коэффициентом продувки ψ . Теоретически полная продувка ячеек в идеализированном цикле ВОД достигается при значении $\psi = 1$, при котором массовые расходы продувочного и сжимаемого воздуха равны [1]. Однако в реальном цикле «Comprex» в силу наличия в ячейке зоны перемешивания сжимаемого газа и сжимаемого воздуха полная очистка ячеек осуществляется при $\psi > 1,2-1,25$ [1]. При этом удовлетворительная продувка за счет остаточного давления в ячейке имеет место в узком диапазоне отклонений режимных параметров от расчетных значений. Кроме того, известная чувствительность ВОД к гидравлическому сопротивлению тракта низкого давления, включающему воздухоочиститель и

глушитель шума отработавших газов, обуславливает необходимость дополнительного увеличения уровня $p_{ост}$, что как известно сопровождается снижением КПД волнового обменника. Так по данным экспериментальных исследований ряда опытных образцов ВОД, выполненных авторами работ [1] и [2], при общем гидравлическом сопротивлении тракта низкого давления ДВС 3,5...4 кПа, минимально необходимое для полной продувки ячеек ротора значение $p_{ост}$ составляет 135...145 кПа.

Таким образом, удовлетворительная работа волнового обменника в широком диапазоне режимов возможна только при наличии принудительной продувки ячеек ротора продувочным вентилятором.

Несмотря на невысокие значения удельных затрат мощности на привод продувочного вентилятора, все же его работа осуществляется за счет ценной механической энергии, снимаемой с коленчатого вала ДВС. Применение для этой цели сбросной теплоты отработавших газов, утилизируемой в паротурбинном контуре, способствует некоторому дополнительному повышению эффективного КПД двигателя с наддувом «Comprex».

Схема привода продувочного вентилятора системы наддува «Comprex» от простейшего паротурбинного контура, утилизирующего сбросную теплоту отработавших газов ДВС, представлена на рис. 1.

Рабочий процесс предлагаемой системы осуществляется следующим образом. Отработавшие газы из цилиндров ДВС 1 с температурой T_{g1} , давлением P_{g1} и расходом $G_{Г1}$ поступают в волновой обменник 2. В ячейках ротора ВОД 2, предварительно заполненных атмосферным воздухом, в результате волнового обмена энергии горячий газ расширяется, сжимая воздух до заданного уровня давления наддува, который в свою очередь с расходом G_2 подается в цилиндры ДВС 1. Расширившийся газ, заполняющий ячейку после ее разобщения с окнами высокого давления, обладает еще достаточно большим энергетическим потенциалом. В классической схеме «Comprex» при сообщении ячейки с окнами низкого давления отработавший в волновом обменнике газ выбрасывается в атмосферу, при этом его внутренняя энергия бесполезно рассеивается. В предложенной системе после расширения в ВОД 2 горячий газ с температурой $T_Г$, давлением $P_Г$ и расходом $G_Г$ направляется в теплообменник-испаритель 3, где за счет утилизации сбросной теплоты осуществляется нагрев и испарение рабочего тела паротурбинного контура. Полученный в теплообменнике 3 пар направляется в приводную турбину 4, мощность которой используется для привода продувочного вентилятора 5, осуществляющего продувку ячеек ротора волнового обменника 2 атмосферным воздухом с температурой T_0 , давлением P_0 и расходом $G_{пр}$. Отработавший в турбине 4 пар поступает в конденсатор 6, после чего образовавшаяся жидкая фаза циркуляционным

насосом 7 подается в теплообменник-испаритель 3 и цикл повторяется.

Критерием работоспособности предложенной системы наддува ДВС является достаточность располагаемого теплоперепада отработавших газов в теплообменнике 3 для получения требуемой мощности приводной турбины 4, необходимой для привода продувочного вентилятора 5 с учетом внутреннего КПД паротурбинного контура и вентилятора 5 во всем исследуемом диапазоне режимов ДВС.

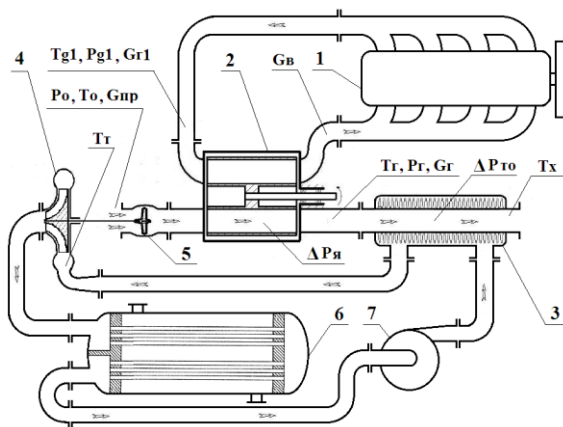


Рис. 1. Схема привода продувочного вентилятора системы наддува «Comprex» от простейшего паротурбинного контура, утилизирующего сбросную теплоту отработавших газов ДВС:

1 – ДВС; 2 – ВОД; 3 – теплообменник-испаритель; 4 – приводная турбина продувочного вентилятора; 5 – продувочный вентилятор; 6 – конденсатор; 7 – циркуляционный насос

В рамках предварительной оценки работоспособности системы наддува ДВС «Comprex» с паротурбинным приводом продувочного вентилятора предлагается упрощенная инженерная методика расчета, основанная на известных термодинамических зависимостях и эмпирических данных об основных режимных параметрах элементов системы.

В качестве исходных данных задаются параметры отработавшего газа ДВС 1 на входе в ВОД 2, параметры двигателя, гидравлическое сопротивление и эффективность теплообменника-испарителя 3, общий КПД паротурбинного контура и КПД продувочного вентилятора, коэффициент продувки ячеек ротора волнового обменника.

Подлежат определению мощность N_T , развиваемая приводной турбиной 4 и мощность N_B , потребляемая продувочным вентилятором 5 на заданном режиме работы ДВС с системой «Comprex».

Математически условие работоспособности рассматриваемой системы наддува ДВС можно записать в виде неравенства

$$N_T \geq N_B.$$

Мощность паровой турбины определяется по формуле [5]

$$N_T = G_W \cdot h_0 \cdot \eta_{oe}, \quad (1)$$

где G_W – массовый расход пара через турбину, h_0 – адиабатический располагаемый теплоперепад в турбине, η_{oe} – относительный эффективный КПД турбины.

Значения величин, входящих в формулу (1), априорно неизвестны. Так, например, массовый расход пара G_W может быть определен по результатам теплового расчета теплообменника-испарителя 3, располагаемый теплоперепад h_0 можно определить по h -s диаграмме, но для этого должны быть известны начальное и конечное состояние рабочего тела. И, наконец, относительный эффективный КПД турбины также изменяется в достаточно широких пределах и зависит от многих параметров, имея тенденцию к снижению с уменьшением размеров турбомшины (т.н. эффект «down size»).

Стоит также уделить внимание попытке расчета мощности паровой турбины 4 по формуле мощности газовой турбины в предположении, что если температура газа T_T на входе в теплообменник-испаритель 3 достаточно высока, то пар перед турбиной в этом случае будет перегретым и его в первом приближении можно считать идеальным газом. Тогда мощность турбины 4 запишется выражением

$$N_T = G_W \cdot C_{pm} \cdot T_T \left(1 - \pi_T^{\frac{1-k}{k}} \right) \cdot \eta_T, \quad (2)$$

где C_{pm} – средняя изобарная массовая теплоемкость рабочего тела, T_T – температура пара перед турбиной, π_T – степень расширения пара в турбине, которую в этом случае грубо можно принять равной отношению давления пара перед турбиной к давлению пара в конденсаторе 6, k – средний показатель адиабаты пара, η_T – общий КПД турбины.

Рассмотрим величины, входящие в уравнение (2). В данном случае помимо по-прежнему неизвестного заранее расхода пара G_W , определенные трудности возникают при вычислении степени расширения пара π_T . Во-первых, возникает вопрос выбора уравнения состояния, связывающего неизвестное давление пара перед турбиной с температурой T_T . Применение модели идеального газа, как известно из термодинамики, тем точнее описывает состояние реального газа, чем выше его температура и ниже давление. В случае сухого насыщенного пара или пара с относительно малой степенью перегрева уравнение состояния идеального газа даст определенные отклонения расчетных параметров от фактических значений. По данным различных источников научно-технической литературы, например, [6] для инженерных расчетов указанные отклонения можно считать вполне приемлемыми. Во-вторых, определение хотя бы приблизительного значения температуры пара перед турбиной требует выполнения

упрощенного теплового расчета теплообменника-испарителя. В-третьих, заранее неизвестны давление и другие параметры состояния пара после турбины, которые зависят от конструкции и режима работы конденсатора 6 [7].

Также возникает вопрос определения средней массовой изобарной теплоемкости. Как известно, изобарная теплоемкость перегретого водяного пара имеет достаточно сложную зависимость от давления и температуры. Так, например, согласно [8] для перегретого пара при давлениях 0,1-10 МПа теплоемкость C_p изменяется от 2,1 до 2,6 кДж/(кг·К) при температуре от 500°C. По мере приближения к линии насыщения разброс теплоемкости по давлению и температуре возрастает в несколько раз, что существенно затрудняет корректное задание C_{pm} . В свою очередь при этом затрудняется и определение показателя адиабаты k рабочего тела в турбине.

В рамках упрощенной методики приближенное значение мощности приводной турбины 4 гораздо проще найти, задавшись эффективным КПД утилизационного контура $\eta_{ке}$, по формуле

$$N_T = Q_{TO} \cdot \eta_{ке},$$

где Q_{TO} – тепловая мощность, подведенная к рабочему телу утилизационного контура в теплообменнике-испарителе 3.

Утилизационный контур представляет собой простейшую паротурбинную установку (ПТУ), работающую по циклу Ренкина на влажном или перегретом паре в зависимости от максимальной температуры нагрева в теплообменнике 3. При этом КПД утилизационного контура может быть принят на основании данных, приведенных в литературе, с учетом некоторого его занижения для микроразмерных ПТУ. Согласно [7] эффективный КПД одноконтурных ПТУ составляет в среднем 0,3...0,4. С учетом эффекта «down size» можно рекомендовать в расчетах принимать значения $\eta_{ке} = 0,2...0,3$.

Ориентировочное значение Q_{TO} можно найти, исходя из определения коэффициента эффективности ε_{TO} теплообменника-испарителя 3 (КПД теплообменника)

$$\varepsilon_{TO} = \frac{Q_{TO}}{Q_G},$$

где Q_G – тепловая мощность, отдаваемая в теплообменнике-испарителе 3 отработавшими в ячейках ротора волнового обменника газами.

Тогда Q_{TO} определяется по формуле

$$Q_{TO} = Q_G \cdot \varepsilon_{TO}.$$

Для пластинчатых рекуперативных теплообменников $\varepsilon_{TO} = 0,6...0,8$ [9].

Ввиду малости гидравлического сопротивления теплообменника-испарителя 3 охлаждение горячего отработавшего газа в процессе нагрева и испарения воды можно считать изобарным. В этом случае Q_G определяется разностью энтальпий газа во входном и выходном сечениях тракта греющего теплоносителя теплообменного аппарата 3

$$Q_G = C_{p_{gm}} \cdot G_G \cdot (T_G - T_X),$$

где $C_{p_{gm}}$ – изобарная массовая теплоемкость газа, средняя в интервале температур $T_X...T_G$, G_G – массовый расход газа через теплообменник 3, T_G , T_X – соответственно, температура газа на входе и выходе из теплообменника 3.

С достаточной для практики степенью точности, считая горячий газ идеальным, величину $C_{p_{gm}}$ можно принимать постоянной в ожидаемом диапазоне температур и равной 1161 Дж/(кг·К) [10].

Температура газа T_X в общем случае определяется из расчета теплообменника 3. В рамках упрощенной методики температуру T_X можно принимать на основании рекомендаций [11], согласно которым минимальные значения температуры газов на выходе из утилизационных теплообменников составляет 110-140°C, при этом ориентировочное значение T_X можно завязать с учетом более низкой предполагаемой эффективности теплообменника-испарителя 3 в сравнении со значениями, полученными при уточненном моделировании его рабочего процесса или в результате лабораторных испытаний натурного образца.

Температура горячего газа T_G на входе в теплообменник 3 определяется по уравнению политропного расширения сжимающей среды в ячейках ротора ВОД 2 от давления P_{g1} до давления P_G (рис. 1)

$$T_G = T_{g1} \left(\frac{P_G}{P_{g1}} \right)^{\frac{n_p-1}{n_p}}, \quad (3)$$

где n_p – средний показатель политропы расширения газа в ВОД 2, T_{g1} и P_{g1} – температура и давление сжимающего газа на входе в ВОД 2, P_G – давление расширившегося газа на выходе из ВОД 2.

Параметры сжимающего газа T_{g1} и P_{g1} могут быть найдены в ходе теплового расчета ДВС 1 или, что вполне допустимо для упрощенного расчета, приняты на основании статистических данных.

Давление P_G превышает барометрическое давление B на величину гидравлического сопротивления ΔP_{TO} проточного тракта теплообменника 3

$$P_G = B + \Delta P_{TO}.$$

Сопротивление теплообменного аппарата зависит от его геометрических размеров и режимных параметров движения теплоносителя. Приближенно величина ΔP_{TO} может быть принята на уровне сопротивления тракта низкого давления комбинированного ДВС из диапазона 3...6 кПа [2].

По мере интенсификации продувки ячеек ротора ВОД 2 фактическое значение T_G будет отклоняться от полученного по формуле (3) в сторону меньших значений по причине разбавления горячего отработавшего газа холодным продувочным воздухом. При этом уменьшается фактический располагаемый температурный напор в теплообменнике 3, что снижает работоспособность паротурбинного контура системы. Фактическая температура T_G впоследствии

может быть вычислена при расчете процесса смешения потоков воздуха и остаточного газа в ячейках ротора на линии низкого давления в рамках уточненного моделирования продувки ВОД 2.

Расход горячего газа G_T через теплообменник-испаритель 3 определяется по формуле

$$G_T = G_B + G_{T_1},$$

где G_B и G_T – массовые расходы воздуха и топлива, потребляемые ДВС 1.

Расход воздуха G_B определяется по известному из теории ДВС выражению по заданным в исходных данных режимным параметрам двигателя

$$G_B = \frac{g_e \cdot N_e \cdot \alpha \cdot L_0 \cdot \varphi_a}{3600} = \frac{G_T \cdot \alpha \cdot L_0 \cdot \varphi_a}{3600},$$

где g_e – удельный эффективный расход топлива, N_e – эффективная мощность двигателя, α – коэффициент избытка воздуха в цилиндрах ДВС 1, L_0 – стехеометрическое соотношение, φ_a – коэффициент продувки цилиндров ДВС 1.

Механическая мощность привода продувочного вентилятора 5 может быть вычислена по формуле для гидравлического насоса ввиду незначительности перепада давления, развиваемого вентилятором, при котором сжимаемостью воздуха можно пренебречь

$$N_B = \frac{\Delta P_B}{\eta_B} \cdot \frac{G_{ПР}}{\rho_B},$$

где ΔP_B – перепад давления, развиваемый вентилятором, $G_{ПР}$ – массовый расход продувочного воздуха, η_B – общий КПД вентилятора, ρ_B – плотность продувочного воздуха по параметрам окружающей среды P_0, T_0 .

Перепад, давления, создаваемый продувочным вентилятором 5, должен быть достаточным для преодоления гидравлического сопротивления тракта низкого давления системы наддува «Comprex», равного сумме сопротивления $\Delta P_{Я}$ ячеек ротора ВОД 2 на линии продувки и сопротивления $\Delta P_{ТО}$ тракта горячего теплоносителя теплообменника-испарителя 3. Тогда можно записать

$$\Delta P_B = \Delta P_{Я} + \Delta P_{ТО}.$$

По определению коэффициент продувки ψ ячеек ротора ВОД 2 представляет собой отношение

$$\psi = \frac{G_{ПР}}{G_B},$$

тогда отсюда искомый массовый расход продувочного воздуха равен

$$G_{ПР} = \psi \cdot G_B.$$

Результаты исследований. На основании изложенной методики проведены расчетные исследования работоспособности системы «Comprex» с паротурбинным приводом продувочного вентилятора для наддува среднеоборотного дизеля 4ЧН12/14 номинальной мощностью 70 кВт при 1500 мин⁻¹. Результаты расчетов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты расчета системы «Comprex» с паротурбинным приводом продувочного вентилятора

$P_{г1}$, кПа	150	155	160	170	175
$T_{г1}$, К	600	630	660	680	700
T_T , К	552	575	598	608	621
N_e , кВт	30	40	50	60	70
g_e , г/(кВт·ч)	240	235	230	240	245
G_T , кг/ч	7,2	9,4	11,5	14,4	17,15
G_B , кг/с	0,06	0,074	0,086	0,105	0,122
G_T , кг/с	0,062	0,077	0,089	0,109	0,126
α	2	1,9	1,8	1,75	1,7
$G_{ПР}$, кг/с	0,090	0,112	0,130	0,158	0,182
$Q_{г1}$, кВт	9,48	13,86	18,48	23,73	29,49
$Q_{ТО}$, кВт	6,64	9,70	12,94	16,61	20,64
N_T , кВт	1,32	1,94	2,58	3,32	4,13
N_B , кВт	0,75	0,93	1,08	1,31	1,52
N_B/N_e , %	2,50	2,33	2,16	2,19	2,17

Постоянными на всех расчетных режимах работы системы «Comprex» принимались следующие параметры: $P_0 = 101,3$ кПа, $T_0 = 293$ К, $\Delta P_{ТО} = 3$ кПа, $\Delta P_{Я} = 2$ кПа, $\Delta P_B = 5$ кПа, $P_T = 104,3$ кПа, $T_X = 420$ К, $n_p = 1,3$, $\varepsilon_{ТО} = 0,7$, $\eta_{Кс} = 0,2$, $\eta_B = 0,5$, $\psi = 1,5$, $\varphi_a = 1,05$, $L_0 = 14,3$ кг в/кг т.

Как видно из представленных результатов, механическая мощность, потребляемая продувочным вентилятором системы «Comprex» с избытком покрывается мощностью приводной турбины, причем по мере увеличения эффективной мощности двигателя от 40 до 70 кВт мощность, развиваемая на валу турбины, кратно превышает мощность привода продувочного вентилятора, что подтверждает работоспособность предложенной системы во всем исследуемом диапазоне режимов дизеля 4ЧН12/14. Кроме того, действительная эффективность системы ожидается еще более высокой по сравнению с полученными результатами в силу специального занижения значений $\eta_{Кс}$, η_B , $\varepsilon_{ТО}$, принятых в расчете.

Избыток мощности приводной турбины 4 может быть использован для привода циркуляционного насоса 7, относительная мощность привода которого, как известно, невелика.

Из табл. 1 видно, что относительная величина мощности привода продувочного вентилятора 5 в сравнении с эффективной мощностью двигателя составляет в среднем 2,2%. По мере увеличения N_e отношение N_B/N_e имеет общую тенденцию к снижению, что, однако, может существенно отличаться от действительной картины в первую очередь в виду принятого в рамках упрощенного расчета постоянства коэффициента продувки ячеек и гидравлического сопротивления контура низкого давления системы «Comprex».

Выводы. Предложенная инженерная методика позволяет быстро произвести оценку работоспособности системы наддува «Comprex» с паротурбинным приводом продувочного вентилятора на заданном режиме работы ДВС без привлечения сложных математических моделей, описывающих

процессы, происходящие в структурных элементах системы.

Применение в системе «Comprex» для привода продувочного вентилятора паротурбинного контура, утилизирующего тепло отработавших газов ДВС, позволяет дополнительно повысить КПД системы наддува и, следовательно, КПД двигателя в целом.

Результаты расчетов, проведенных для дизеля 4CH12/14, подтвердили работоспособность предложенной системы в заданном диапазоне режимов двигателя. При этом мощность, развиваемая приводной турбиной в среднем в 2-3 раза превышает мощность привода продувочного вентилятора на данном режиме работы ДВС.

Составленная упрощенная методика может послужить основой для создания методики предварительного выбора параметров утилизационного паротурбинного контура для привода продувочного вентилятора системы «Comprex».

Существенное различие номинальной частоты вращения рабочих колес приводной турбины и продувочного вентилятора требует соединения их валов посредством редуцирующего передаточного механизма. Учитывая необходимость изменения частоты вращения продувочного вентилятора в зависимости от режима работы силовой установки, такой механизм в общем случае должен иметь возможность варьирования передаточного отношения между валом турбины и вентилятора.

Л и т е р а т у р а

1. Крайнюк А.И. Системы газодинамического наддува: монография / А.И. Крайнюк, Ю.В. Сторчеус. – Луганск: Изд-во Востокукр. гос. ун-та, 2000. – 224 с.
2. Крайнюк А.И. Волновые обменники давления в системах наддува двигателей внутреннего сгорания: монография / А.И. Крайнюк и др. – Луганск: изд-во «Ноулидж», 2013. – 155 с.
3. Tatsutomi Y. The diesel engine with the Comprex Pressure Wave Supercharger for the Mazda 626 / Y. Tatsutomi, K. Yoshizu, M. Komagamine // MTZ, 1990-51, №3 – P. 125-132.
4. Jenny E. Entwicking des BBC-Druckwellenladers Comprex im Rahmen des rtaditionellen Bous von thermischen Tyrbomaschinen / E. Jenny, M. Naguib // Brown Boveri Techn., 1987-74, №8 – P. 416-421.
5. Щегляев А.В. Паровые турбины. Теория теплового процесса и конструкции турбин: учеб. для вузов: в 2 кн. / А.В. Щегляев, и подгот. к печати Б. М. Троянским. – 6-е изд., перераб., и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1993. – 416 с.
6. Злобин В.Г. Паротурбинные установки тепловых и атомных электростанций. Ч.1. Тепловые схемы. Конструкция: учеб. пособ. / В.Г. Злобин. – СПб: Изд-во ВШТЭ СПбГУПТД, 2020. – 136 с.
7. Трухний А.Д. Теплофикационные паровые турбины и турбоустановки: учеб. пособ. для вузов / А.Д. Трухний, Б.В. Ломакин. – 2-е изд. стереот. – М.: Изд-во МЭИ, 2020. – 540 с.
8. Ривкин С.Л. Термодинамические свойства воды и водяного пара: справочник / С.Л. Ривкин, А.А. Александров. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 80 с.
9. Крайнюк А. Математическая модель рабочего процесса воздушной холодильной машины каскадного обмена давлением рефрижераторных секций морского транспорта / А. Крайнюк, О. Ключ // Zeszyty Naukowe

Akademia Morska w Szczecinie: Szczecin. – 2012. – №32(104). – С. 12-16.

10. Алабовский Н.Л. Техническая термодинамика: учеб. пособ. / Н.Л. Алабовский, П.И. Недужий – 2-е изд., перераб. и доп. – К.: Наука, 1976. – 236 с.

11. Валиулин С.Н. Системы утилизации вторичной теплоты дизельных и газопоршневых электрогенераторов (системы когенерации) / С.Н. Валиулин, Н.Н. Бурдастов // Тригенерация.ру - Портал по тригенерации, когенерации и мини-ТЭЦ, 2007 – 2022. Режим доступа <http://www.combienergy.ru/stat/967-Sistemy-utilizacii-vtorichnoy-teploty-dizelnyh-i-gazoporshnevyyh>

Kovtun A.S., Branspiz M.Yu., Branspiz E.V.

THE APPLICATION PROSPECT OF STEAM TURBINE UTILIZATION CIRCUIT FOR BLOWING FAN DRIVE UNIT OF WAVE PRESSURE EXCHANGER OF COMPREX SUPERCHARGING SYSTEM

The article presents a simplified engineering method for assessing the performance of supercharging system of an internal combustion engine «Comprex» with a blowing fan drive unit from a steam turbine circuit, the energy source of which is the heat of the engine exhaust gases after their expansion in the cells of the wave pressure exchanger rotor. The recovery of waste heat of exhaust gases is carried out in an evaporator heat exchanger installed after the wave exchanger in the low pressure path of the «Comprex» system. The results of calculations of the drive turbine available power and the power required to drive the blowing fan when supercharging a 4CH12/14 diesel engine in a wide range of operating modes are presented.

Key words: supercharging, heat recovery, wave pressure exchanger, Comprex, steam turbine circuit, blowing fan.

Ковтун Александр Сергеевич, старший преподаватель кафедры «Двигатели внутреннего сгорания» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

E-mail: revearon@mail.ru

Kovtun Alexander Sergeevich, senior lecturer of the «Internal combustion engines» department, SEE HT LPR «Luhansk Vladimir Dahl State University».

Бранспиз Мария Юрьевна, к.т.н., доцент, доцент кафедры «Прикладная математика» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

E-mail: mariya_branspiz@mail.ru

Branspiz Mariya Yurievna, PhD, associate professor, associate professor of «Applied mathematics» department, SEE HT LPR «Luhansk Vladimir Dahl State University».

Бранспиз Елена Владимировна, к.т.н., доцент, доцент кафедры «Легкая и пищевая промышленность» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

E-mail: ebranspiz@mail.ru

Branspiz Elena Vladimirovna, PhD, associate professor, associate professor of «Light and food industry» department, SEE HT LPR «Luhansk Vladimir Dahl State University».

Рецензент: Витренко Владимир Алексеевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технология машиностроения и инженерный консалтинг», проректор по научной работе и инновационной деятельности ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

Статья подана 09.12.2022

УДК 621.695.3

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ НАГНЕТАТЕЛЬНОЙ ЭРЛИФТНОЙ УСТАНОВКИ

Кононенко А.П., Божко Р.И.

EXPERIMENTAL STUDIES OF THE OPERATION OF THE INJECTION AIRLIFT UNIT

Kononenko A., Bozhko R.

В условиях учебной лаборатории кафедры «Энергомеханические системы» ГОУВПО «ДОННТУ» разработана и смонтирована экспериментальная нагнетательная эрлифтная установка с воздушоструйным компрессором.

Одной из главных задач экспериментальных исследований работы нагнетательной эрлифтной установки было подтверждение адекватности разработанной математической модели рабочего процесса нагнетательного эрлифта.

В рамках исследований была создана экспериментальная установка нагнетательного эрлифта с воздушоструйным компрессором в качестве источников сжатого воздуха эрлифта.

При проведении экспериментальных исследований рассматривались параметры работы установки по традиционной схеме и в нагнетательном режиме.

Ключевые слова: эксперимент, нагнетательный эрлифт, воздушоструйный компрессор, подача, расход воздуха, высота перепада.

Введение. Основными критериями подбора эрлифтов согласно [1, 2, 3] являются относительное погружение смесителя α , отношение длины подъемной трубы к ее диаметру l/D (где $l = H+h$) и автомодельность зоны числа Рейнольдса Re для газожидкостного потока в подъемной трубе. При натурных экспериментальных исследованиях работы эрлифтов критерий подбора l/D позволяет установить геометрические размеры газожидкостных подъемников, на которые правомерно распространить получаемые результаты исследований. При этом не рекомендуется использовать натурные модели эрлифтов с диаметрами подъемных труб $D < 30$ мм для исключения существенного влияния сил поверхностного натяжения.

При проведении экспериментальных исследований было обеспечено значение транспортной скорости гидросмеси в подающих трубах эрлифтов, согласно рекомендаций [1], около 1 м/с, что позволяет использовать установки для транспортирования твердых частиц с плотностью до 2800 кг/м³.

Изложение основного материала. В качестве источника пневмоэнергии разработанной эрлифтной установки (рис. 1, 2) использовался винтовой компрессор ВК 30-8 производства ЗАО «REMEZA», Республика Беларусь, г. Рогачев. Компрессор с эксплуатационными параметрами: избыточное давление $p_n = 8$ ат (0,785 МПа), производительность

$Q_n = 3,5$ м³/мин, мощность электродвигателя $P_n = 22$ кВт снабжал сжатым воздухом струйный аппарат (воздушоструйный компрессор) 14 (рис. 1). Между компрессором ВК 30-8 и эрлифтной установкой был смонтирован ресивер 11 объемом 500 л. Сообщение эрлифта с основной емкостью 1 объемом 2,5 м³ (рис. 1) происходило посредством подающей трубы 2 длиной 4 м с внутренним диаметром $\varnothing 50$ мм.

Расход рабочего потока воздушоструйного компрессора Q_p регулировался клапаном 12, а его измерение осуществлялось по методике расчета расхода газа через сопло Лаваля с помощью образцового манометра $M4$ ($p = 0 \div 10$ кгс/см²) и спиртового термометра $T1$ ($t = 10 \div 70$ °С). Смешанный поток струйного аппарата по напорному воздухопроводу 16, внутренним диаметром $\varnothing 50$ мм, проходя через запорно-регулирующий клапан 17, поступал в смеситель эрлифта 3 (рис. 1). При этом расход смешанного потока Q_c , равный расходу воздуха эрлифтом Q_v , измерялся, согласно РД 50-213-80 [5], с помощью мерного узла, состоящего из диафрагмы $D2$ ($d = 35$ мм, $D = 52$ мм, $m = 0,453$), дифференциального манометра ДТ-50 (на рис. 1 – ДМ 2) и образцового манометра $M6$ ($p = 0 \div 4,0$ кгс/см²). Для предотвращения попадания воды в ресивер 11 на линии смешанного потока напорный воздухопровод 16 был смонтирован в форме петли, верхний конец которой располагался выше поверхности воды в основной емкости 1.

На каждом из этих этапов исследований были получены экспериментальные точки, проведена обработка экспериментальных данных с отсевом грубых ошибок [4], построены регрессионные кривые, проведено сравнение отклонений исследуемых параметров в точках регрессионных кривых от аналогичных параметров расчетных кривых при прочих равных условиях.

Необходимое количество опытов на каждом из этапов исследований определялось согласно рекомендаций [4] исходя из потребной точности измерения режимных параметров. Для достижения относительной погрешности результатов $5 \div 10$ % при доверительной вероятности $0,9 \div 0,95$ производилось не менее 5 измерений на одном уровне контролируемых факторов.

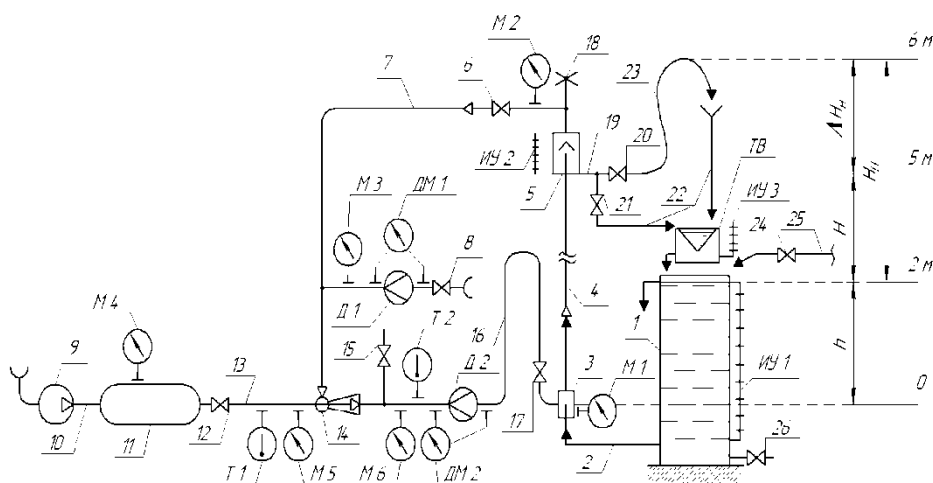


Рис. 1. Схема экспериментальной установки нагнетательного эрлифта с воздушоструйным компрессором: 1 – основная емкость; 2 – подающая труба; 3 – смеситель эрлифта; 4 – подъемная труба; 5 – воздухоотделитель; 6, 8, 12, 17, 20, 21, 24, 26 – запорно-регулирующие клапаны; 7 – воздухоотводящая труба; 9 – винтовой компрессор ВК 30-8; 10 – воздухопровод; 11 – ресивер Р-500; 13 – воздухопровод рабочего потока; 14 – воздушоструйный компрессор; 15 – сбросной клапан; 16 – напорный воздухопровод; 18 – пробка; 19 – сливная труба; 22 – трубопроводы; 23 – гибкий отводящий трубопровод; 25 – трубопровод заполнения основной емкости; ТВ – треугольный водослив Томсона; М1, М2, М3, М4, М5, М6 – манометры образцовые; ДМ1, ДМ2 – дифференциальные манометры ДТ-50; Д1, Д2 – измерительные диафрагмы; ИУ1, ИУ2, ИУ3 – измерители уровня жидкости; Т1, Т2 – термометры спиртовые; h – глубина погружения смесителя; H – высота подъема традиционного эрлифта; H_n – высота подъема нагнетательного эрлифта; ΔH_n – высота перепада жидкости



Рис. 2. Общий вид экспериментальной установки нагнетательного эрлифта с воздушоструйным компрессором

Результаты исследований. Экспериментальные исследования эрлифта в нагнетательном режиме работы проводилось при максимально возможном геометрическом погружении смесителя $h_n = 2$ м в диапазоне относительного погружения нагнетательного эрлифта $\alpha_{эн} = 0,2 \div 0,35$ с шагом $\Delta\alpha_{эн} = 0,05$ (при $\Delta H_n = 0,25 \div 1,0$ м с шагом 0,25 м) [6].

В процессе работы установки устанавливалось конкретное значение высоты перепада ΔH_n . Экспериментальные расходные характеристики нагнетательного эрлифта при расходе воздуха $Q_v = 0,2 \div 1,4$ м³/мин представлены на рисунке 3. Максимальное значение подачи эрлифта, согласно регрессионной кривой 1, соответствует значению высоты перепада $\Delta H_n = 0,25$ м и составляет $Q_3 = 3,55$ м³/ч.

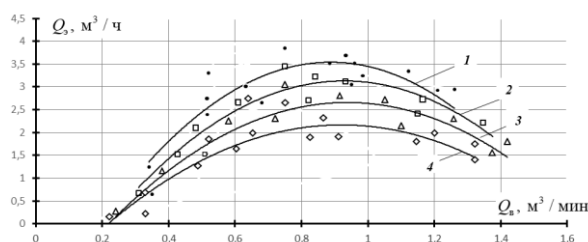


Рис. 3. Экспериментальные расходные характеристики нагнетательного эрлифта с $h = 2$ м, $H = 3$ м, $\alpha = 0,4$, $D = 0,068$ м:

1 – при $\Delta H_n = 0,25$ м; 2 – при $\Delta H_n = 0,5$ м; 3 – при $\Delta H_n = 0,75$ м; 4 – при $\Delta H_n = 1,0$ м

В нагнетательном режиме работы эрлифтной установки экспериментальным методом получены регрессионные кривые расходных характеристик эрлифта $Q_3 = f(Q_v)$. В качестве примера приведена регрессионная кривая при $\Delta H_n = 0,25$ м (рис 4). Расчетные кривые были получены с помощью разработанной математической модели нагнетательного эрлифта в соответствующей программе на ПЭВМ.

Расчетным путем определены основные параметры оптимального (соответствующего наибольшей энергоэффективности) и максимального (при наибольшей подаче эрлифта) режимов работы нагнетательного эрлифта. Так, согласно расчетным данным, оптимальный режим работы нагнетательного эрлифта при высоте перепада $\Delta H_n = 0,25$ м описывается характерными точками – значениями расхода воздуха $Q_{v, \text{опт.}} = 0,44$ м³/мин и подачи $Q_{3, \text{опт.}} = 2,85$ м³/ч; максимальный режим работы –

расходом воздуха $Q_{в. макс.} = 0,70 \text{ м}^3/\text{мин}$ и подачи $Q_{э. макс.} = 3,79 \text{ м}^3/\text{ч}$ [6]. В этом случае отклонение значений подачи нагнетательного эрлифта в характерных точках характеристик, полученных расчетным путем, от значений в точках регрессионной характеристики составили 8,8 % для оптимального режима и 15,9 % для режима максимальной подачи (рис. 4).

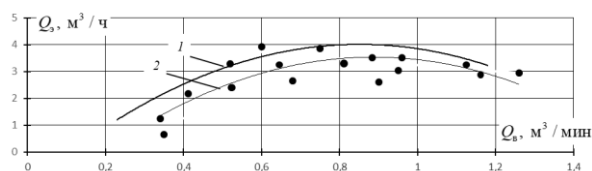


Рис. 4. Расходные характеристики нагнетательного эрлифта с $h = 2 \text{ м}$, $H = 3 \text{ м}$, $\Delta H_n = 0,25 \text{ м}$ ($\alpha_{эн} = 0,35$), $D = 0,068 \text{ м}$:

1 – расчетная характеристика; 2 – экспериментальная характеристика

Среднее для всех высот перепада отклонение расчетной подачи от полученной экспериментально для оптимального режима составляет $\Delta Q_{э. опт} = 9,9 \%$, для режима максимальной подачи – $\Delta Q_{э. макс} = 16,9 \%$, что, учитывая особенности рассматриваемых процессов, подтверждает адекватность разработанной математической модели рабочего процесса нагнетательного эрлифта эксперименту.

Выводы. В условиях учебной лаборатории кафедры «Энергомеханические системы» ГОУВПО «ДОННТУ» разработана и смонтирована экспериментальная нагнетательная эрлифтная установка с воздушнотруйным компрессором ($h_n = 2 \text{ м}$, $H = 3 \text{ м}$, $\Delta H_n = 0,25 \div 1,0 \text{ м}$, $D = 0,068 \text{ м}$, $\alpha_{max} = 0,4$, $Q_{э. макс} = 8 \text{ м}^3/\text{ч}$). Установка будет использоваться для дальнейших научных исследований и в учебном процессе.

Экспериментально получены расходные характеристики эрлифта в нагнетательном режиме с высотой перепада $\Delta H_n = 0,25 \div 1,0 \text{ м}$; проведена обработка экспериментальных данных с помощью методов математической статистики и сравнение их с расчетными. Отклонения значений подач в характерных точках расходных характеристик нагнетательного эрлифта, полученных аналитически от значений в точках регрессионных характеристик составило: для оптимального режима работы – 9,9 %, для режима максимальной подачи – 16,9 %, что подтверждают адекватность разработанной математической модели рабочего процесса нагнетательного эрлифта эксперименту.

Л и т е р а т у р а

1. Козыряцкий, Л.Н. Эрлифты и гидроэлеваторы в горной промышленности : [Текст] учебное пособие / Л.Н. Козыряцкий, В.М. Моргунов, В.М. Яковлев, О.А. Геммерлинг. – Донецк: ГОУВПО «ДонНТУ», 2017. – 160 с.

2. Кононенко А.П. Рабочий процесс эрлифта и его моделирование [Текст]. - Донецк: ГВУЗ «ДонНТУ», 2010. – 171с.

3. Уоллис, Г. Одномерные двухфазные течения [Текст]. М.: Мир, 1972. – 440 с.

4. Тимошенко, Г.М. Теория инженерного эксперимента : учебное пособие [Текст] / Г.М. Тимошенко, П.Ф. Зима. – Донецк: ДонНТУ, 2004. – 93 с.

5. Правила измерения расхода газов и жидкостей стандартными сужающими устройствами [Текст] : РД 50-213-80. - М.: Изд-во стандартов, 1982. – 320 с.

6. Божко Р.И. Модель рабочего процесса нагнетательного эрлифта со снарядной структурой водовоздушного потока [Текст] / А.П. Кононенко, Р.И. Божко, В.А. Панов // Вестник Луганского национального университета имени Владимира Даля № 11 (29) 2019, – С. 75-79.

Kononenko A., Bozhko R.

EXPERIMENTAL STUDIES OF THE OPERATION OF THE INJECTION AIRLIFT UNIT

In the conditions of the educational laboratory of the Department "Power Mechanical Systems" of the State Educational Institution "DONNTU", an experimental injection airlift unit with an air jet compressor was developed and installed.

One of the main tasks of experimental studies of the operation of the injection airlift installation was to confirm the adequacy of the developed mathematical model of the working process of the injection airlift.

As part of the research, an experimental installation of a pressure airlift with an air-jet compressor was created as a source of compressed air of the airlift.

During the experimental studies, the parameters of the installation operation according to the traditional scheme and in the injection mode were considered.

Keywords: experiment, supercharger airlift, air jet compressor, air supply, air flow rate, lifting height.

Кононенко Анатолий Петрович, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Энергомеханические системы» ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк.

E-mail: ap.kononenko@mail.ru

Kononenko Anatoly Petrovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of "Power Mechanical Systems", State Educational Establishment of Higher Professional Education "Donetsk National Technical University", Donetsk.

Божко Руслан Игоревич, ассистент кафедры «Энергомеханические системы» ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк.

E-mail: bozhko342@mail.ru

Bozhko Ruslan Igorevich, Assistant of the Department of "Power Mechanical Systems", State Educational Establishment of Higher Professional Education "Donetsk National Technical University", Donetsk.

Рецензент: Шабаетв Олег Евгеньевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Горные машины» ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет».

Статья подана 15.12.2022 г

УДК 628.161.3

ИССЛЕДОВАНИЕ КОАГУЛЯЦИОННОЙ ОЧИСТКИ МАЛОМУТНЫХ ВОД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОЛЛОИДНЫХ БЕНТОНИТОВЫХ ГЛИН

Крымов Р.С., Мельникова Н.С., Акимченко К.В.

INVESTIGATION OF COAGULATION PURIFICATION OF LOW-TURBIDITY WATERS USING COLLOIDAL BENTONITE CLAYS

Krymov R.S., Melnikova N.S., Akimchenko K.V.

Проведен анализ эффективности использования инновационных технологий применения сорбентов для очистки поверхностных вод от антропогенных загрязнений. Рассмотрены особенности реализации комбинированных реагентно-адсорбционных методов очистки. Приведена характеристика природных сорбентов, которые использовались в исследованиях. Оценена эффективность адсорбционной очистки питьевой воды природными минералами. Полученные результаты исследований дают возможность для внедрения инновационных комплексных адсорбционных технологий очистки поверхностных вод.

Ключевые слова: очистка природных вод мутность, цветность, мелкодисперсные частицы, сорбционная очистка, бентонитовая глина.

Введение. Основными источниками хозяйственно-питьевого водоснабжения городов Крыма остаются открытые поверхностные водоемы. Подача потребителю воды в необходимом количестве и качества соответственно действующих нормативов является острым вопросом настоящего. В первую очередь эта проблема связана с ростом уровня загрязненности поверхностных водных объектов в результате сброса недостаточно очищенных сточных вод от промышленных предприятий и городских очистных сооружений или от частных домовладений [1]. В связи с увеличением численности населения возрастает нагрузка на очистные сооружения, и как следствие, увеличивается вероятность попадания загрязняющих веществ в поверхностные воды. Эти воды, вследствие зарегулированности большинства открытых водных объектов Крыма характеризуются невысокими концентрациями (до 50 мг/л) взвешенных веществ, представленных мелкодисперсными фракциями (коллоидные вещества, ил, песок и глина), обуславливающие мутность воды, и значительным содержанием органических примесей (гуминовых и дубильных веществ), обуславливающих цветность воды. В основном поверхностные источники Крыма относятся к II-III категории качества.

При выборе метода очистки поверхностной воды с малой мутностью и цветностью можно руководствоваться классификацией [2]. Она дает возможность выбрать наиболее эффективный метод очистки за счет физико-химических характеристик

примесей и сил, которые эту примесь удерживают в воде

В нашей стране традиционной технологической схемой очистки поверхностных вод для питьевого водоснабжения остается двухступенчатая схема (отстойник-фильтр), или схема с контактными осветителями [3]. Преимуществами контактных осветителей является то, что вода вместе с реагентами (коагулянтами) практически мгновенно входит в контакт с загрузкой осветителя, а также простота их использования.

Недостатками контактных осветителей являются невысокая скорость фильтрования, нарушение статической устойчивости слоя при фильтровании и, как следствие, ухудшение качества фильтрата, а также неудовлетворительное отмывание крупнозернистых слоев [3].

В качестве традиционного коагулянта используют сернокислый алюминий (СА), который ускоряет процесс образования хлопьев [4].

Вследствие чего сокращается темп прироста потерь напора и увеличивается продолжительность фильтроцикла (даже при высоких дозах коагулянта). Недостатками сернокислого алюминия ученые [5, 6] считают необходимость повышения доз реагента при низких температурах воды. Нормативные требования по содержанию остаточного алюминия в очищенной воде жестко ограничивают эти действия.

Исследования [7] показали, что для очистки цветных вод при низких температурах (в холодное время года) лучше применять высокоосновный оксихлорид алюминия (Оха). Действие этого реагента наблюдается при очистке цветных вод с показателями от 30 до 50 градусов ПКШ. При использовании оксихлорида алюминия остаточное содержание алюминия меньше, чем при обработке сернокислым алюминием [42]. К недостаткам можно отнести большую стоимость реагента и высокое влияние на качество очистки pH исходной воды. Незначительное колебание pH может ощутимо изменять эффективность очистки.

В работе Туровской Г.И. [8] для уменьшения использования реагентов при очистке маломутных

цветных вод предлагается оборудовать существующие фильтры биологическими поглотителями. Это дает возможность уменьшить содержание не только органических загрязнений, но и взвешенных веществ, ионов тяжелых металлов, а также аммонийных загрязнений, нитритов и нитратов. Однако для эксплуатации данной технологии в рабочем режиме необходимо, чтобы микроорганизмы увеличились до необходимого количества и адаптировались под новые условия. При нарушении технологического процесса возможна некачественная очистка воды.

Поэтому одним из главных направлений интенсификации процессов очистки поверхностных вод является внедрение таких конструкций сооружений и технологических схем, которые бы обеспечили надежное извлечение из воды мелкодисперсных примесей и снижение цветности природной воды до нормативных значений.

Целью настоящей работы является обоснование повышения эффективности работы водопроводных очистных сооружений путем использования адсорбционных методов очистки, которые будут обеспечивать необходимый эффект очистки маломутных цветных вод от мелкодисперсных взвешенных веществ при минимальных эксплуатационных затратах.

Как адсорбенты чаще всего используются природные минералы (природный цеолит, бентонит, палыгорскит, глауконит, сапонит и т.п.) и синтетические сорбенты (синтетические цеолиты, активированный уголь, адсорбенты, синтезированные из органических, чаще всего сельскохозяйственных отходов).

В данных исследованиях в качестве сорбента использовался бентонит. Кудринское месторождение бентонитовых и палыгорскитовых глин считается единственным месторождением в Крыму, расположенное в Бахчисарайском районе Республики Крым. Кудринский бентонит состоит на 95-97 % из монтмориллонита. Глина тонкодисперсная, содержащее тонкопелитовых долек — от 53,95 до 71,6 %, крупнопелитовых — от 56,6 до 27,7 %, алевроитовых — 0,2 %, а песчаный материал практически отсутствует [9]. После обработки кислотами бентонитовые глыбы получают высокие адсорбционные свойства, что делает возможным широкое применение их как природного адсорбента.

Положительной особенностью природных минеральных сорбентов является их относительная дешевизна, а также способность к многократной регенерации и восстановлению сорбционных свойств. На данный момент природные минеральные сорбенты в качестве основного фильтрующего материала в водоочистном оборудовании исследованы мало и требуют дополнительного изучения.

Экспериментальные исследования проводились на модельной воде, приближенной к воде Межгорного гидроузла. Данные сооружения предназначены для очистки и водоподготовки воды поверхностных источников с содержанием взвешенных веществ до 24 мг/дм³ с повышением их содержания в отдельные кратковременные периоды до 50 мг/дм³.

В составе водоочистных сооружений по высотной принципиальной схеме имеются: контактная камера, горизонтальный отстойник, скорый фильтр, резервуар чистой воды, насосная станция 2 подъема, сооружения по обороту промывной воды. Водопроводная очистная станция работает по классической двухступенной схеме с применением стандартных реагентов.

Для оценки эффективности очистки воды природными минералами выполняли эксперимент в статическом режиме (табл. 1), чтобы определить возможности использования природного адсорбента для очистки воды на стадии отстаивания. Было выделено несколько уровней гипотез эксперимента:

1) Качество воды после очистки > качество воды до очистки; эффективность очистки $\geq 90\%$.

2) После отстаивания улучшается водородный показатель – приближается к нейтральному, в случае если он таковым не был до очистки.

Таблица 1

План эксперимента

№ седиментатора	Объем пробы, л	Доза активного хлора в мг/л	Доза бентонитовой глины в мг на л пробы	Доза безводного товарного коагулянта сульфата алюминия, мг/л	Доза безводного флокулянта полиакриламида, мг/л
1	3,5	0	0	0	0
2	3,5	5	0	0	0
3	3,5	5	20,47	25,7	0,2
4	3,5	5	40,93	40,0	0,2
5	3,5	5	20,47	40,0	0,2
6	3,5	5	40,93	25,7	0,5
7	3,5	5	20,47	25,7	0,5
8	3,5	5	40,92	25,7	0,2
9	3,5	5	20,46	40,0	0,5
10	3,5	5	40,93	40,0	0,5

Результаты исследований. В результате проведенных экспериментов исследован процесс поглощения органических веществ, соответствующей загрязнению реального источника водоснабжения. На

процесс поглощения влияет внешнедиффузионный и внутридиффузионный перенос компонента. Наличие внешнедиффузионного сопротивления может быть уменьшено за счет увеличения гидродинамики. Это

может быть достигнуто механическим и пневматическим перемешиванием, увеличением скорости движения жидкости относительно твердой

фазы, применением физических явлений, интенсифицирующих процесс.

Таблица 2

Сводная таблица по результатам лабораторных исследований

Номер пробы	Определяемые компоненты			
	Окисляемость перманганатная, мг/дм ³	Алюминий (Al, суммарно), мг/дм ³	Мутность (ЕМФ), мг/дм ³	Водородный показатель рН, ед. рН
1	9,24	0,150	18,1	8,222
2	5,240	0,188	0,521	7,586
3	4,120	0,199	0,977	8,214
4	3,800	0,176	0,386	8,212
5	4,440	0,123	0,651	8,257
6	4,36	0,141	0,521	8,289
7	2,200	0,167	0,78	8,289
ПДК	≤ 5,0	≤ 0,20	≤ 1,50	6,00 -9,00

Исследование процесса сорбции органики естественной дисперсной бентонитовой глиной в динамических условиях, осуществлялось перемешиванием среды механической мешалкой (рис. 1). Исследование проводились в аппарате с лопастной мешалкой, частота оборотов которой изменялась в интервале 200-800 об/мин.



Рис. 1 Механическая мешалка и фильтрационная установка

Для проведения экспериментов готовилась модельная вода с перманганатной окисляемостью с определенной ее концентрацией, а также ранее установленной оптимальным количеством сорбента, что составляет 25 мг на 1 дм³ раствора.

Через определенные промежутки времени отбирались пробы и анализировались на содержание в воде перманганатной окисляемости. Полученные нами результаты приведены на рис. 2 в виде зависимости изменения величины перманганатной окисляемости, от времени проведения процесса при различных числах оборотов мешалки.

На каждой из приведенных зависимостей на рис. 2 можно выделить три участка изменения концентрации. В интервале времени 0 – 8 мин наблюдается быстрое изменение концентрации органики и механическое перемешивание здесь имеет наибольшее влияние. На данном участке основным является внешнедиффузионное сопротивление. Данный участок соответствует условиям, когда компонент из воды диффундирует к наружной поверхности зерна адсорбента, заполняет

поверхностные активные центры, создает на поверхности высокую концентрацию сравнимую с концентрацией внутри зерна адсорбента.

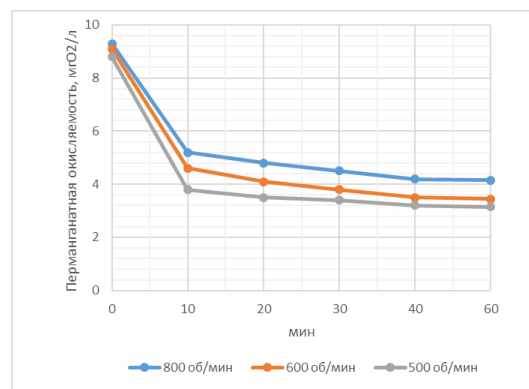


Рис. 2 Зависимость изменения величины перманганатной окисляемости во время сорбции со временем и при разных числах оборотов

В интервале 8 - 40 мин. считаем, что находится переходная область, когда скорость транспорта компонента к поверхности зерна адсорбента становится соизмеримой со скоростью транспорта компонента внутри порового пространства адсорбента.

После времени сорбции $t > 40$ мин процесс лимитируется исключительно внутренией диффузией компонента внутри порового пространства зерна. Эта стадия является самой медленной.

Таким образом, увеличение числа оборотов интенсифицирует процесс сорбции, но до определенной границы. Повышение числа оборотов более 500 об/мин не приводит к существенному увеличению скорости поглощения органики. Это означает, что процесс адсорбции протекает в внутридиффузионной области, при которой внешнее воздействие не влияет на кинетику сорбции. Максимальная интенсификация процесса сорбции соответствует условиям перехода процесса во внутридиффузионную область.

Для большинства существующих водопроводных очистных станций России до настоящего времени попытка улучшить очистку воды от примесей

антропогенного происхождения при минимальных затратах обычно ограничивается применением новых коагулянтов и флокулянтов и устройством в скорых фильтрах дополнительного слоя загрузки из сорбента высотой 0,3-1 м. Однако, как показывает опыт, сорбционные свойства цеолитов сохраняются в таких условиях работы не более чем на протяжении от полугода до двух лет с момента его засыпки в фильтры. После 60-70 суток эксплуатации скорого фильтра с верхним слоем цеолита поверхность зерен сорбента покрывается не отмываемыми тонкодисперсными илистыми взвесями, содержащими окись алюминия и другие вещества, выносимыми из

отстойников. Регенерацию отработанного цеолита на очистных станциях в России пока не производят ввиду сложности процесса и большой стоимости технологического оборудования. Досыпают фильтры новым цеолитом по мере его вымыва, в среднем раз в один (два) года на 20-25 см.

Поэтому в качестве рекомендации по модификации существующей технологической схемы предлагается комбинированный вариант модернизации технологической схемы с использованием дробного хлорирования, а также порошковой бентонитовой глины Кудринского месторождения (рис. 3).

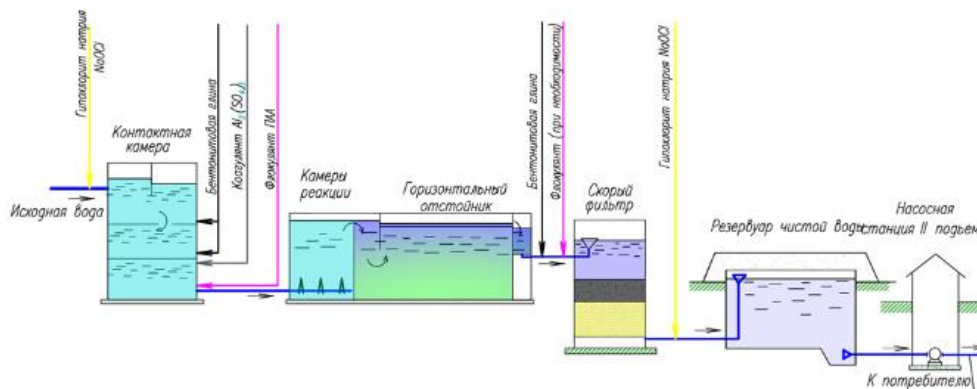


Рис. 3. Рекомендации по модернизации технологической схемы (Вариант 1)

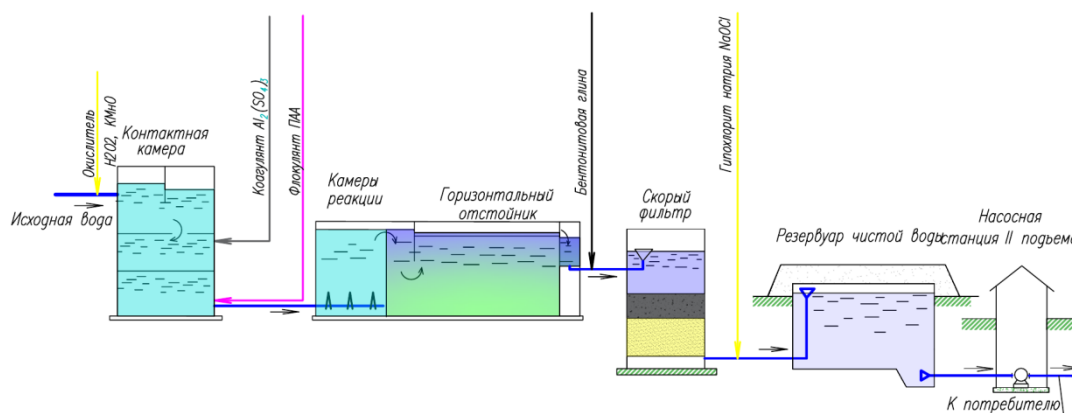


Рис. 4. Рекомендации по модернизации технологической схемы. (Вариант 2)

Отличие от существующей схемы состоит в том, что в ней обеззараживание гипохлоритом натрия осуществляется в два этапа: первичная обработка, с дозой 0,5...1 мг/л, вторичная перед резервуаром чистой воды, с дозой 1...3 мг/л. Также предусматривается сорбционная доочистка дозировкой порошковой бентонитовой глины (БГ). Ввод БГ осуществляют в контактную камеру, а также перед скорыми фильтрами с дозами 10-20 мг/л в наиболее неблагоприятные периоды года.

Для снижения уменьшения образования летучих хлорорганических соединений (ЛХС) предлагается гипохлорит натрия заменить другими окислителями, например, перекисью водорода, перманганатом калия. Применение окислителей на стадии предварительной обработки воды позволяет на 70-80 % уменьшить

концентрацию образующихся ЛХС. При этом необходимо правильно выбирать условия и режим их применения, т.к. от этого зависит концентрация образующихся ЛХС. Окисление должно предшествовать хлорированию, при этом уменьшается доза хлора, необходимая для окончательного обеззараживания воды.

На рис. 4 показана комбинированная схема модификации технологической схемы с использованием окислителей на стадии предварительной обработки воды. Окислитель добавляется в начало контактной камеры, с дозой 2...4 мг/л. Ввод БГ осуществляют перед скорыми фильтрами с дозами 10-20 мг/л в наиболее неблагоприятные периоды года (при необходимости). Также следует отметить, что сочетание УФ-обработки

с хлорированием в различных комбинациях, использование окислителей и порошковых бентонитовых глин позволит существенно снизить концентрацию хлорорганических соединений, обеспечить глубокое (в том числе и от вирусов и простейших) обеззараживание воды и сохранить пролонгированное действие дезинфектанта при ее дальнейшей транспортировке, а также значительно уменьшить его расход.

Выводы. Технологии адсорбционной очистки с применением природных сорбентов, полученных из природного сырья, моделирует способность природы к самоочищению и в возможных границах позволяют интенсифицировать и углубить масштабы естественных процессов самоочищения поверхностных вод.

При соблюдении всех технологических операций, выполненных в процессе очистки воды, для получения в очищенной воде значения перманганатной окисляемости удовлетворяющего ПДК оптимальными дозами бентонитовой глины будут 20 - 30 мг/л.

Полученные результаты исследований могут быть использованы предприятиями водно-коммунального хозяйства для внедрения инновационных комплексных адсорбционных технологий очистки водных сред.

Л и т е р а т у р а

1. Гухман Г. Водные объекты в местах водопользования населения Российской Федерации [Текст] / Г. Гухман // Энергия: экономика, техника, экология. - 2008. - № 1. - С. 49-51.
2. Журба М.Г., Нечаев А.П., Ивлева Г.А. Классификаторы технологий очистки природных вод / М.Г. Журба, А.П. Нечаев, Г.А. Ивлева и др. - М.: ГНЦ НИИ ВОДГЕО, 2000. - 118 с
3. Журба М.Г., Говорова Ж.М., Примышев Ю.Р., Лебедева Е.А. Очистка природных вод, содержащих антропогенные примеси. Практическое пособие. Вологда, ВГТУ, 1998. - 104 с.
4. Физико-химические основы процессов очистки воды: учебное пособие для СПО / А. Ф. Никифоров, А. С. Кутергин, И. Н. Липунов [и др.]; под редакцией А. Л. Смирнова. - 2-е изд. - Саратов, Екатеринбург: Профобразование, Уральский федеральный университет, 2019. - 163 с.
5. Драгинский, В.Л. Коагуляция в технологии очистки природных вод / В. Л. Драгинский, Л. П. Алексеева, С. В. Гетманцев. - М., 2005.
6. Мясников, И.Н. Исследование процессов коагуляции и обеззараживания при очистке воды поверхностных источников / И.Н. Мясников, Потанина В. А., Жолдакова З.И. // Водоснабжение и санитарная техника. 2003. №9.
7. Волосянова А.А. Исследование эффективности применения оксихлоридов алюминия различных марок / А.А. Волосянова, Е.В. Николаенко, С.В. Китаева // Сборник статей VI международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Водоснабжение, водоотведение и системы защиты окружающей среды». - Уфа: УГНТУ, 2017.
8. Туровская Г. И. интенсификация работы сооружений очистки маломутных цветных вод путем использования биопоглователей: дис. на соискание

наук. степени канд. техн. наук: 05.23.04 – водоснабжение, канализация / Г. И. Туровская – Ровно, 2003. – 210 С.

9. Садыков Р.К., Беляев Е.В. Нерудные полезные ископаемые для социально-экономического развития Бахчисарайского муниципального района Республики Крым // Промышленные минералы: проблемы прогноза, поисков, оценки и инновационные технологии освоения месторождений. Материалы Международной научно-практической конференции. (9-13 ноября 2015 г.). Казань: Издательский дом Казанская недвижимость, 2015. - С. 279-282.

Krymov R.S., Melnikova N.S., Akimchenko K. V. INVESTIGATION OF COAGULATION PURIFICATION OF LOW-TURBIDITY WATERS USING COLLOIDAL BENTONITE CLAYS

The analysis of the effectiveness of the use of innovative technologies for the use of sorbents for surface water purification from anthropogenic pollution is carried out. The features of the implementation of combined reagent-adsorption purification methods are considered. The characteristic of natural sorbents that were used in research is given. The efficiency of adsorption purification of drinking water with natural minerals is evaluated. The obtained research results provide an opportunity for the introduction of innovative integrated adsorption technologies for surface water treatment.

Keywords: purification of natural waters turbidity, chromaticity, fine particles, sorption purification, bentonite clay.

Крымов Роман Сергеевич, старший преподаватель кафедры водоснабжения, водоотведения и санитарной техники Института «Академия строительства и архитектуры» ФГОАУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского», г. Симферополь.

E-mail: kelt_roman@mail.ru

Krymov Roman Sergeevich, Senior Lecturer of the Department of Water Supply, Sanitation and Sanitary Engineering of the Institute "Academy of Construction and Architecture" V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol.

Мельникова Наталья Сергеевна, аспирант кафедры водоснабжения, водоотведения и санитарной техники Института «Академия строительства и архитектуры» ФГОАУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского», г. Симферополь.

E-mail: 6653949@gmail.com

Melnikova Natalia Sergeevna, postgraduate student of the Department of Water Supply, Sanitation and Sanitary Engineering of the Institute "Academy of Construction and Architecture" V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol.

Акимченко Константин Владимирович, магистрант кафедры водоснабжения, водоотведения и санитарной техники Института «Академия строительства и архитектуры» ФГОАУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского» г. Симферополь.

Akimchenko Konstantin Vladimirovich, Master's student of the Department of Water Supply, Sanitation and Sanitary Engineering of the Institute "Academy of Construction and Architecture" V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol.

Рецензент: Николенко Илья Викторович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой водоснабжения, водоотведения и санитарной техники Института «Академия строительства и архитектуры» ФГОАУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»

УДК 628.161.2

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ФИЛЬТРОВ С ПЛАВАЮЩЕЙ ЗАГРУЗКОЙ

Крымов Р.С., Мельникова Н.С., Дегтярев И. В.

IMPROVING THE EFFICIENCY OF TREATMENT FACILITIES WHEN USING FILTERS WITH FLOATING LOADING

Krymov R.S., Melnikova N.S., Degtyarev I. V.

Рассмотрена проблема применения восходящего фильтрования воды на многослойных фильтрах с плавающей загрузкой и приведены решения этой проблемы. Проведены экспериментальные исследования для различных режимов фильтрации. Выполнены математические модели восходящего фильтрования маломутных вод через пенополистирольную загрузку. Обоснованы критерии самопроизвольного протекания процесса под действием гравитационных и гидравлических сил многослойной плавающей пенополистирольной загрузки фильтровальных камер водоочистных сооружений. Разработаны рекомендации для эксплуатации фильтров с пенополистирольной загрузкой.

Ключевые слова: водопроводные очистные сооружения; зернистые фильтры; плавающая фильтровальная загрузка; фильтроцикл.

Введение. Значительная часть населенных пунктов Республики Крым обеспечивается водой из поверхностных источников. Фильтрование используется практически во всех схемах очистки природных вод, т.к. только с помощью этого процесса можно получить воду питьевого качества. Фильтрация воды на зернистых фильтрах делится на нисходящую, при которой вода в фильтровальной камере движется книзу, и восходящую, при которой исходная вода движется вверх [1]. Более эффективным считается восходящее фильтрование, поскольку в условиях вертикального подъема исходной воды между зернами фильтра его грязеудерживающее действие обеспечиваются не только за счет сил трения и адгезии между частицами грязи и зернами фильтра, но и за счет сил гравитации, которые действуют на частицы грязи в направлении противоположном движению воды.

На станциях водоподготовки питьевой воды в технологических схемах осветление, обезжелезивание и обесцвечивание наиболее часто применяют зернистые адгезионные фильтры. В данных фильтрах используются инертные механически прочные фильтрующие материалы, которые не вступают в химические взаимодействия с фильтруемой водой. Физико-химическая сущность осветления и обесцвечивания воды в процессе фильтрования заключается в прилипании (адгезии) частиц суспензии к поверхности зерен фильтрующего материала или частиц, которые прилипли ранее [2]. При очистке воды

в фильтрах с однородной загрузкой загрязнения накапливаются в первых по направлению фильтрования (верхних) слоях. Потери напора возрастают и достигают предельных значений раньше, чем происходит ухудшение качества отфильтрованной воды ($T_c \gg T_n$).

Другим приемом реализации фильтрования в направлении убывания крупности зерен является организация восходящего потока. По такой схеме происходит очистка воды в контактных осветителях [3].

Возможно применение тяжелых грузов, для которых степень расширения при промывке меньше, что приводит к более высоким значениям «настоящих» локальных скоростей и лучшей кинетики отрыва частиц суспензии. На контактных осветителях возможна очистка воды мутностью на порядок выше, чем на скорых фильтрах. С другой стороны, недостатком таких сооружений является опасность взвешивания загрузки в режиме фильтрования и проскока загрязнений в очищенную воду, поэтому скорость фильтрования принимают в контактных осветителях несколько меньшей, чем в скорых фильтрах.

Отбор в порядке уменьшения крупности зерен успешно реализуется в многоступенчатых фильтрах [4]. При многоступенчатом фильтровании слои различной крупности загрузки размещают каждый в своем корпусе, причем на первом месте крупность максимальная, на последний-минимальная. Многоступенчатое фильтрование дает возможность применять различные технологические приемы, повышающие эффективность очистки и сокращающие эксплуатационные расходы. Недостатками многоступенчатого фильтрования является увеличение количества сооружений, усложнение конструкции.

Также наиболее часто применяется двухпотокное фильтрование. Очищаемая вода фильтруется одновременно сверху и снизу и отводится дренажем, расположенным в толще загрузки. Таким образом, степень использования грязеемкости фильтрующей загрузки полнее. Недостатками этих сооружений являются несовершенство дренажа, расположенного в толще мелкозернистой загрузки

(возможна кольтатация и вынос зерен загрузки в фильтрат), а также сложность конструкции и эксплуатации [5].

Таким образом, анализ существующих решений показывает, что в области повышения эффективности работы скорых фильтров наиболее привлекательными есть решения, которые обеспечивают ступенчатую очистку и подачу части потока в недогруженные слои, минуя перегруженные. Важно при этом не усложнять конструкцию и эксплуатацию сооружения. Использование на 1-ой ступени зернистой загрузки за пределами времени его защитного действия, применение на 2-й ступени компактных устройств и сочетание их в одном сооружении, что позволит

увеличить продолжительность работы фильтра в режиме фильтрования и сократить число промывок.

Целью настоящей работы является обоснование технологической возможности и технических решений применения восходящего фильтрования воды на многослойных плавающих зернистых фильтрах водоочистных сооружений.

Исследуемая водопроводная очистная станция (ВОС) предназначена для подготовки воды питьевого качества и подачи ее потребителям. Проектная мощность – 100,0 тыс. м³/сут (фактическая – 40,0 тыс. м³/сут). ВОС работает по временной схеме, так как изначально построена не была (рис. 1).

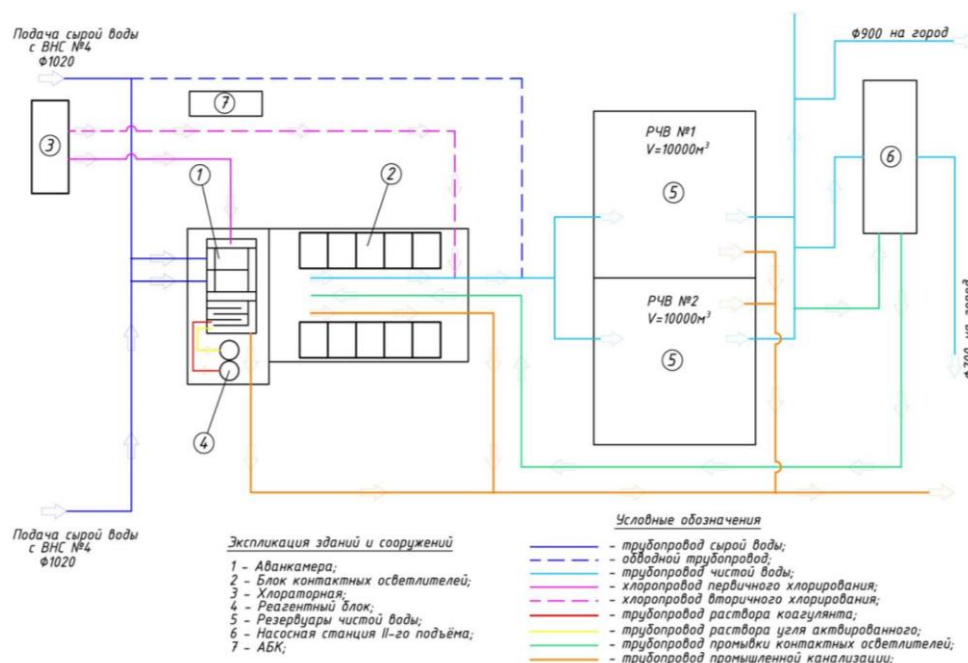


Рис. 1 Технологическая схема ВОС

Технология очистки воды начинается с аванкамеры (поз.1). Аванкамера оснащена микрофильтрами, в которых происходит первичная очистка воды от грубодисперсных механических примесей, планктона, мелких водорослей и т.д. Микрофильтры пришли в негодность и в данное время не работают.

Из приёмных камер вода подаётся на первичное хлорирование в контактные камеры и далее в перегородчатый смеситель коридорного типа, где происходит подача коагулянта и раствора активированного угля.

Насосное и воздухоподное оборудование в аварийном состоянии – износ 65- 70% (требуется замена). Кроме того, для обеспечения бесперебойного процесса приготовления реагентов, необходимо по 2 единицы каждого агрегата (рабочий и резервный).

Нет дозатора подачи реагентов в смеситель аванкамеры, что приводит к погрешностям в дозировании (перерасход или недостаточное дозирование) и нарушению технологического

регламента подачи реагентов в зависимости от показателей качества сырой воды.

Система хлорирования устарела как морально, так и физически, изношена на 65-70% (требуется замена). Система контроля аварийного выброса хлора отсутствует.

Для исследования процесса скорого безреагентного фильтрования был изготовлен и апробирован лабораторный двухступенчатый фильтр (рис. 2).

Двухступенчатый фильтр с плавающей загрузкой предназначен для исследований процесса фильтрования маломутных вод и вод с концентрацией взвеси до 75 мг/л при скоростях фильтрования от 1 до 5,5 м/час.

Установка состоит из префильтра 1 и фильтра 9 (рис. 2). Вода на префильтр, загруженный гранулами предварительно дробленного и вспененного полистирола 7 с диаметром 1,5-2 мм, подавалась непосредственно от бака с исходной водой. В связи с этим скорость фильтрования в

течение фильтроцикла не изменялась. Вода из бака по трубе 4 поступала на префильтр 3, проходила через загрузку 7, собиралась в надфильтровом пространстве и по трубопроводу 5 поступала на фильтр 9, загруженный вспененными недробленными гранулами пенополистирола диаметром 0,5-1 мм. Отфильтрованная снизу-вверх вода после фильтра 9 по трубопроводу 6 отводилась в бак чистой воды. Регенерация префильтра и фильтра производилась чистой водой сверху вниз при открытии задвижек на трубах 13 и 14. Для удерживания плавающей загрузки в корпусе фильтра и префильтра на высоте 500 мм от верха фильтра и префильтра была установлена металлическая сетка 8 с ячейками 1-2 мм.

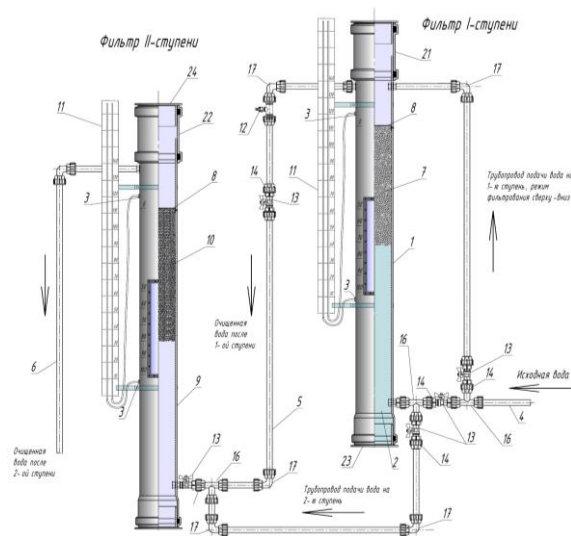


Рис. 2 Модель двухступенчатого фильтра с плавающей пенополистирольной загрузкой

Установка позволила исследовать процесс предварительного фильтрования как сверху-вниз, так и снизу-вверх. При исследовании предварительного фильтрования сверху-вниз вода из бака подавалась по трубопроводу 4 при закрытой задвижке на трубопроводе 13. Отфильтрованная вода поступала по трубе на фильтр 9. При этом задвижка на трубе 5 была закрыта. Потери напора на префильтре определялись по показаниям стеклянных пьезометров 11. Пробы на анализ отбирались с помощью отборочных кранов 12.

В наружную стенку фильтра вмонтировано смотровое окно для наблюдения за расширением и отмывкой загрузки в процессе ее регенерации.

Задачей математического моделирования процесса последовательной очистки воды в пенополистирольном фильтре является определение изменения напора и концентрации взвешенных веществ в воде по толщине фильтрующей загрузки и во времени.

При прохождении маломутных вод сквозь пористую перегородку возможна реализация следующих видов фильтрования [6]:

- 1) с образованием слоя осадка на поверхности перегородки;
- 2) с постепенным закупориванием пор;
- 3) с закупориванием одной поры одной частичкой.

Основу математической модели составляют:

- 1) уравнение фильтрации, записанное в виде [7]:

- для случая, когда коагуляция пористой перегородки происходит с постепенным закупориванием пор

$$\frac{1}{F} \frac{dW(t)}{dt} = \frac{\Delta p(t)}{\mu(R_{з.з.}(t) + R_{п.п.}(t))} \quad (1)$$

- для случая, когда коагуляция пористой перегородки происходит с образованием слоя осадка на ее поверхности

$$\frac{1}{F} \frac{dW(t)}{dt} = \frac{\Delta p(t)}{\mu(R_{з.з.}(t) + R_{ос}(t) + R_{0п.п.})} \quad (2)$$

где $W(t)$ – объем очищенной воды, $м^3$; F – площадь поверхности фильтрации, $м^2$; $\Delta p(t)$ – разность давлений (напора), $Па$; μ – динамическая вязкость, $Па \cdot с$; $R_{з.з.}(t)$ – сопротивление слоя зернистой загрузки, $м^{-1}$; $R_{ос}(t)$ – сопротивление слоя осадка, $м^{-1}$; $R_{п.п.}(t)$ – сопротивление пористой перегородки, $м^{-1}$; $R_{0п.п.}$ – сопротивление незакоагулированной пористой перегородки, $м^{-1}$; t – время, $с$;

$Q(t) = \frac{dW(t)}{dt}$ – производительность фильтра, $м^3/с$;

2) уравнение переноса взвешенных веществ, взвешенных потоком жидкости, который фильтруется (применяется для зернистой загрузки и пористой перегородки, если ее коагуляция происходит с постепенным закупориванием пор):

$$n_{з.з.}(n.п.) \frac{\partial C(z,t)}{\partial t} + V(t) \frac{\partial C(z,t)}{\partial z} + \frac{\partial S(z,t)}{\partial t} = 0 \quad (3)$$

3) уравнение массопередачи взвешенных веществ из воды в твердую фазу зернистой загрузки:

$$\frac{\partial S(z,t)}{\partial t} = b(t)C(z,t) - a(t)S(z,t) \quad (4)$$

где z – вертикальная координата, $м$, которая изменяется в диапазоне от 0 до $h_{з.з.}$ для зернистой загрузки или от 0 до $h_{п.п.}$ для пористой перегородки; $h_{з.з.}$ – толщина слоя зернистой загрузки, $м$; $h_{п.п.}$ – толщина пористой перегородки, $м$; $n_{з.з.}$ (п.п.) – пористость зернистой загрузки (пористой перегородки); $C(z, t)$ – концентрация частиц в фильтруемой жидкости, $кг / м^3$; $S(z, t)$ – концентрация частиц, задержанных на зернах фильтрующей загрузки, $кг/м^3$;

$V(t) = \frac{1}{F} \frac{dW(t)}{dt}$ – скорость фильтрования, $м/с$; $a(t)$ и $b(t)$ – коэффициенты, соответственно, отрыва и прилипания частиц взвеси к зернам загрузки, $с^{-1}$.

Исследования процесса скорого безреагентного фильтрования воды через пенополистирольные

фильтры проводились параллельно: фильтрация снизу-вверх и сверху вниз на префильтре.

Степень осветления воды определялась по содержанию взвеси до установки, после префильтра и на выходе из установки. Отбор проб производился через 4-5 часов в зависимости от скорости фильтрации и полезной производительности работы фильтров. Расходы воды определялись объемным способом по времени наполнения мерной емкости $W = 3$ литра и с помощью крыльчатого водомера, установленного на подающем трубопроводе исходной воды.

Продолжительность фильтрации определялась временем достижения содержания взвеси в фильтрате 2 мг/л или достижением потерь напора за фильтроцикл 1 м. Потери напора в загрузке определялись посредством силиконовых пьезометров диаметром 8 мм.

В результате промывки плавающей загрузки водой сверху вниз происходит идеальная само сортировка гранул. Вследствие того, что удельный вес вспененных гранул увеличивается с уменьшением диаметра, внизу располагаются более мелкие гранулы, а сверху – более крупные. При фильтрации воды снизу-вверх это явление приводит к интенсивному росту потерь напора в нижних мелкопористых слоях загрузки. При наличии в воде в большом количестве грубодисперсной взвеси продолжительность фильтроцикла незначительна, а режим фильтрации будет неэкономичен. В связи с этим, на первом этапе исследований была поставлена задача изучить принципиальную возможность фильтрации средне мутных вод сверху-вниз.

Необходимо было установить критическую высоту загрузки и скорость фильтрации, при которых соблюдается режим фильтрации, т.е. плавающая загрузка не переходит во взвешенное состояние.

В данных исследованиях ставилась задача установить эффект задержания на фильтре взвеси, содержащейся в исходной воде, кроме того, фильтрация производилась без предварительного её коагулирования.

Лабораторная установка загружалась гранулами пенополистирола диаметром 0,5-2 мм на высоту 50 см. Исходная вода фильтровалась сверху-вниз и отводилась в канализацию. Регенерация загрузки проводилась также сверху-вниз чистой водой.

В процессе опытов скорость фильтрации назначалась от 2,5-5,5 м/ч. Содержание взвеси в воде колебалось от 1,5-75 мг/л.

Результаты исследований процесса фильтрации воды сверху вниз через двухступенчатый фильтр представлены на рис. 3- 6.

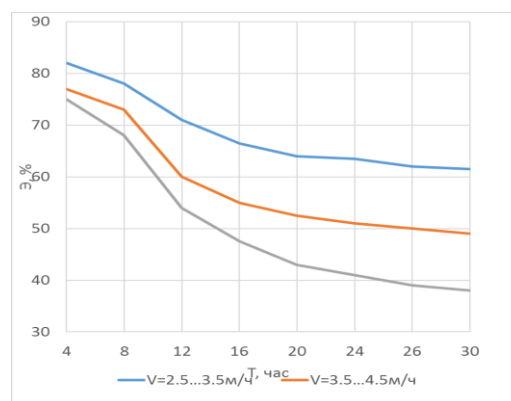


Рис.3 Зависимость эффекта осветления воды от скорости фильтрации (фильтрация снизу-вверх). Высота слоя загрузки 50 см. Мутность исходная 25...32 мг/л

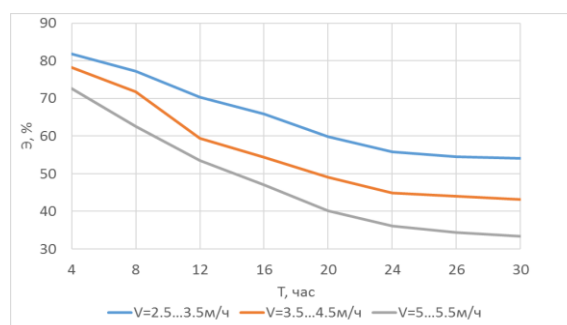


Рис.4 Зависимость эффекта осветления воды от скорости фильтрации (фильтрация сверху-вниз). Высота слоя загрузки 100 см. Мутность исходная 40...70 мг/л

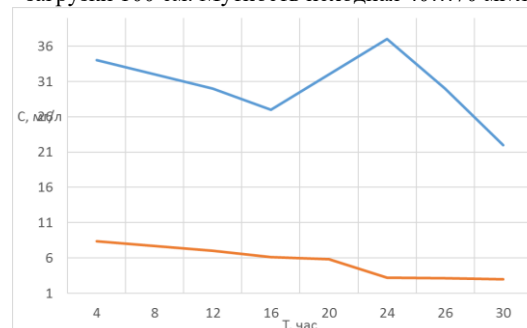


Рис.5 Изменение концентрации взвеси в воде до и после префильтра

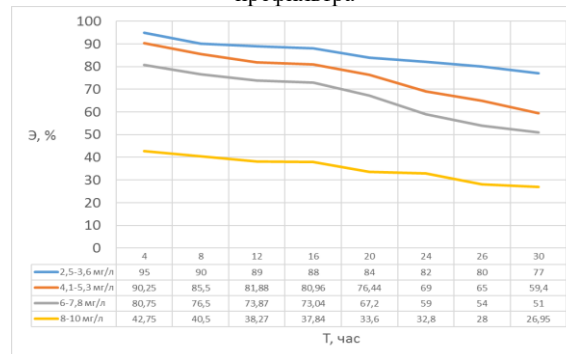


Рис.6 Изменение концентрации взвеси в воде после двухступенчатого фильтра в зависимости от скорости фильтрации (V=3.5 м/ч)

Как видно из графиков, эффект осветления грубодисперсной взвеси в значительной степени

зависит от скорости фильтрования и содержания взвеси в исходной воде.

С увеличением скорости фильтрования от 2,5 до 5,5 м/ч эффект осветления снижается в среднем за фильтроцикл 20-25%. С течением времени работы фильтра также наблюдается ухудшения качества фильтрата. Причем, это явление наблюдалось при всех исследуемых скоростях и объясняется тем, что в течении времени происходит постепенный вынос взвеси в нижележащие слои, расширяющиеся при критической скорости фильтрования 5,5 м/ч.

Также в процессе безреагентного фильтрования воды снизу-вверх было установлено следующее:

- при скоростях фильтрования 4-5,5 м/ч нижние слои загрузки $d = 0,5-1$ мм начинают расширяться и процесс задержания взвеси в них не происходит.

- фильтрование снизу-вверх через мелко-гранульную загрузку может быть эффективным лишь при предварительной очистке среднетурбидных вод, содержащих грубодисперсную взвесь (префильтры).

Оптимальные параметры фильтрования могут быть назначены следующие:

- содержание взвеси в исходной воде до 80 мг/л;
- допустимая скорость фильтрования до 3,5 м/ч;
- толщина загрузки 0,75-1,0 м
- гранулометрический состав 0,5-1 мм – для фильтра, 1,5-2 мм – для префильтра.

При небольших концентрациях взвеси (до 80 мг/л) допускается применять префильтр с восходящим потоком.

Выводы. Разработанные рекомендации для эксплуатации многоступенчатых фильтров с пенополистирольной загрузкой позволяют подобрать наиболее подходящий режим и типологию фильтрования, рассчитать рациональные параметры пенополистирольной загрузки, а также системы перепуска части расхода в нижние слои обеспечивающие максимальную эффективность работы фильтровального сооружения.

Л и т е р а т у р а

1. Андрианов, А. П. Системы и сооружения водоснабжения: учебно-методическое пособие / А.П. Андрианов, Ж.М. Говорова. – Москва: МИСИ-МГСУ, ЭБС АСВ, 2020. – 57 с.
2. Журба М.Г., Вдовин Ю.И., Говорова Ж.М., Лушкин И.А. Водозаборно-очистные сооружения и устройства. Учебное пособие для студентов вузов. Под ред. М.Г. Журбы. М.: Астрель, АСТ, 2003. – 596 с.
3. Журба М.Г., Говорова Ж.М., Примышев Ю.Р., Лебедева Е.А. Очистка природных вод, содержащих антропогенные примеси. Практическое пособие. Вологда, ВГТУ, 1998. – 104 с.
4. Говорова Ж.М. Усовершенствование водоочистных технологий при антропогенных нагрузках на водоисточники. //Обзорная информация, Вып. 4. М.: ВНИИТПИ, 2000. – 38 с.
5. Мякишев В.А. Интенсификация многоступенчатой фильтрационной очистки поверхностных вод, подвергшихся

антропогенному воздействию: Автореф. дис. канд. техн. наук. М.: 1993. – 26 с.

6. Смирнов А.Д. Глубокая очистка воды от технологических загрязнений. //Водоснабжение и санитарная техника. 1995, № 11.

7. Евстигнеева А. С. Инновационная технология очистки воды: фильтр Полимерный / А. С. Евстигнеева// Экология производства. – 2011. – № 4. – С. 57-59.

Krymov R.S., Melnikova N.S., Degtyarev I. V. IMPROVING THE EFFICIENCY OF TREATMENT FACILITIES WHEN USING FILTERS WITH FLOATING LOADING

The problem of using ascending water filtration on multilayer filters with floating loading is considered and solutions to this problem are given. Experimental studies have been carried out for various filtration modes. Mathematical models of upward filtration of low-turbidity waters through expanded polystyrene loading are performed. The criteria of spontaneous flow of the process under the influence of gravitational and hydraulic forces of multilayer floating polystyrene foam loading of filtration chambers of water treatment facilities are substantiated. Recommendations have been developed for the operation of filters with expanded polystyrene loading.

Keywords: water treatment plants; granular filters; floating filter loading; filter cycle.

Крымов Роман Сергеевич, старший преподаватель кафедры водоснабжения, водоотведения и санитарной техники Института «Академия строительства и архитектуры» ФГОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского», г. Симферополь.
E-mail: kelt_roman@mail.ru

Krymov Roman Sergeevich, Senior Lecturer of the Department of Water Supply, Sanitation and Sanitary Engineering of the Institute "Academy of Construction and Architecture" V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol.

Мельникова Наталья Сергеевна, аспирант кафедры водоснабжения, водоотведения и санитарной техники Института «Академия строительства и архитектуры» ФГОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского», г. Симферополь.
E-mail: 6653949@gmail.com

Melnikova Natalia Sergeevna, postgraduate student of the Department of Water Supply, Sanitation and Sanitary Engineering of the Institute "Academy of Construction and Architecture" V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol.

Дегтярев Иван Вильевич, магистрант кафедры водоснабжения, водоотведения и санитарной техники Института «Академия строительства и архитектуры» ФГОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского», г. Симферополь.

Degtyarev Ivan Vilevich, Master's student of the Department of Water Supply, Sanitation and Sanitary Engineering of the Institute "Academy of Construction and Architecture" V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol.

Рецензент: Николенко Илья Викторович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой водоснабжения, водоотведения и санитарной техники Института «Академия строительства и архитектуры» ФГОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского».

Статья подана 09.12.2022

УДК 628.353.153

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА АНАЭРОБНОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ВИНОДЕЛЬЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Крымов Р.С., Мельникова Н.С., Самсонова А.Г.

INVESTIGATION OF THE PROCESS OF ANAEROBIC WASTEWATER TREATMENT OF THE WINE INDUSTRY

Krymov R.S., Melnikova N.S., Samsonova A.G.

В статье описан процесс синтеза биогаза из барды винзавода в биореакторе-биофильтре. Исследована конструкция двухстадийного биореактора проточного типа. Рассмотрены технологические параметры работы и особенности гидродинамических характеристик в аппарате. Выполнено моделирование динамики выхода биогаза во время брожения осадка. Проведено численное исследование влияния температуры, скорости жидкости, параметров субстрата и биомассы на радиус отрыва пузырька биогаза на основе решения математической модели образования и отрыва пузырька биогаза на поверхности биопленки в анаэробном биофильтре.

Ключевые слова: биологическая очистка, анаэробный биофильтр, сточные воды, биогаз.

Введение. Интенсивное развитие многих предприятий Республики Крым практически всех отраслей агропромышленных комплексов винодельческой, пивоваренной, сыроварной, молочной, мясной, переработке фруктов, овощей, а также животноводческих ферм, и некоторых производств химической промышленности приводит к увеличению загрязнений сточными водами природных водоемов, что ведет к экологической катастрофе.

Рассмотрение данного вопроса выявило много проблем, в том числе и проблему очистки сточных вод. Корректирующим действием выявленной проблемы является очистка сточных вод в местах их образования, то есть в непосредственной близости к промышленным комплексам или же на их территории.

Сточная вода биотехнологических или пищевых производств, которая образуется либо непосредственно в процессе производства, либо при мытье технологического оборудования имеет разную степень загрязненности. Загрязненность сточной воды органическими соединениями, выраженная в величине ХПК, представляет собой остатки или потери исходного сырья, или остатки производимого продукта, и поэтому следующие загрязнения хорошо разлагаются биологическим путем [1]. При использовании биологических методов прежде всего нужно учесть какие преимущества и недостатки, в том числе и с точки зрения экономической эффективности, имеют

анаэробный и аэробный методы очистки сточной воды.

При аэробном процессе очистки сточной воды необходимым условием работы реактора является непрерывное введение кислорода во время ферментации. Это приводит к дополнительным затратам и несмотря на то, что процесс деструкции органического вещества происходит активнее, чем при анаэробном сбраживании, в результате биоконверсии образуется большое количество избыточной биомассы, ставя проблему ее утилизации. Анаэробные методы обработки сточной воды отличаются тем, что 90% потребляемых органических соединений переводятся в продукты метаболизма, основной составляющей которых является ценный энергоноситель – метан, и только 10% - превращаются в биомассу. Это обуславливает перспективность использования анаэробных методов очистки промышленной сточной воды [1].

Исследователи [2-4] в процессе анаэробного разложения органического вещества выделяют три основные стадии, которые протекают под влиянием трех физиологических групп бактерий.

Однако, помимо основных групп бактерий, в метаногенном сообществе присутствует большое количество микроорганизмов, которые не принимают непосредственное участие в процессе деградации органического вещества. Они выполняют некоторые важные функции, такие, как обеспечение бактерий основными факторами, удаление токсичных продуктов анаэробного метаболизма, поддержание условий анаэробноза. Важнейшей особенностью метаногенного биоценоза является наличие множества симбиотических связей между микроорганизмами различных групп, при которых продукты жизнедеятельности одних микроорганизмов являются питательными субстратами для других. Благодаря этому метаногенное микробное сообщество обладает способностью к саморегулированию и поддержанию значений определяющих факторов среды, pH, окислительно-восстановительного потенциала и т.д., что во многом определяет стабильность работы метаногенных микробных систем.

Целью настоящей работы является проведение экспериментальных исследований процесса метанового сбраживания в биореакторе и определение оптимальных параметров конструкции анаэробного биофильтра.

Для исследований анаэробного сбраживания была использована экспериментальная установка PDANC Анаэробный реактор. Принципиальная схема биофильтра изображена на рис. 2 - 3.

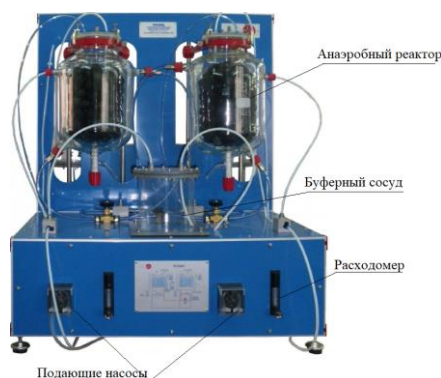


Рис. 2. PDANC Анаэробный реактор



Рис. 3. Консоль (PDAN) и интерфейс (PDANC)

Установка состоит из двух анаэробных реакторов, что позволяло работать как в одну стадию, так и в две стадии, разделяя различные фазы процесса сбраживания (процессы гидролиза, ацетогенеза будут происходить в первом реакторе, а метаногенез – во втором) (рис. 4). Оба реактора имеют контур подогрева воды с клапанами для регулирования соответствующей температуры на каждой стадии процесса и работы в различных диапазонах в зависимости от используемых микроорганизмов. Таким образом, он может работать в мезофильном диапазоне (температура около 35°C) или термофильном диапазоне (температура около 55 °C).

Реакторы нагреваются с помощью горячей воды, поступающей из термостатической ванны, проходящей через рубашку реактора.

Установка оснащена двумя перистальтическими насосами для подачи жидкости в реакторы. При работе с двухступенчатым анаэробным сбраживанием один из насосов переносит продукт из одного реактора в другой, проходя через буферный резервуар, который собирает избыток потока из первого реактора. Два расходомера измеряют рабочие потоки.



Рис. 4. PDANC Анаэробный реактор

В установке PDAN / PDANC также имеются два объемных резервуара для хранения и измерения объема вырабатываемого биогаза. Образующийся биогаз поступает по трубе с верхней стороны реакторов к этим резервуарам, где объем биогаза измеряется с помощью вытеснения воды (рис. 5).

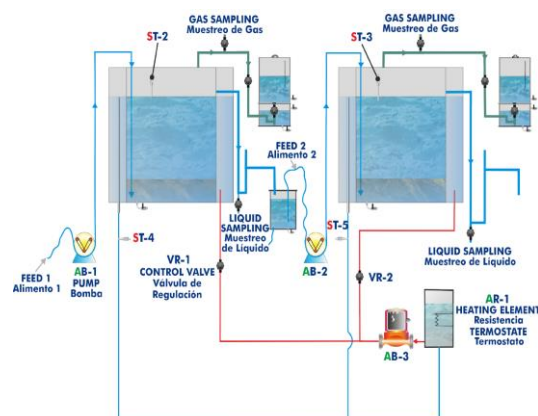


Рис. 5. Схема работы PDANC анаэробного реактора

Анаэробное сбраживание в биофильтрах сопровождается физическими, биохимическими процессами, которые включают явления переноса вещества в жидкой фазе и на границах жидкая фаза-твердая фаза, то есть на макроуровне, а также процессы превращения вещества в микроуровни в результате жизнедеятельности микроорганизмов. Процессы преобразования, в свою очередь, сопровождаются биосинтезом промежуточных и конечных продуктов разложения органического субстрата, в том числе биогаза, и связаны с ростом и отмиранием микроорганизмов.

Процессы, протекающие на микроуровне, и процессы, происходящие на макроуровне связаны между собой механизмами транспортировки субстрата к микроорганизмам и отводом продуктов их жизнедеятельности.

В работе принята математическая модель массообмена в биофильтре, которая базируется на определении переноса вещества [5].

$$\frac{\partial C}{\partial \tau} = \text{div}(D \text{grad} C) - \text{div}(C \omega) - R(C) \quad (1)$$

Уравнение 1 учитывает:

- скорость изменения концентрации вещества C во времени и пространстве (составляющая $\partial C/\partial \tau$);
- поток вещества за счет наличия гидродинамического источника (при этом, в общем случае, вектор скорости ω имеет компоненты по координатам - $\omega_x, \omega_y, \omega_z$) (составляющая $\text{div}(C\omega)$);
- поток вещества, вызванный наличием градиента концентрации, то есть молекулярной диффузией (составляющая $\text{div}(D\text{grad}C)$);
- изменения концентрации вещества в среде, обусловленной процессом реакции (составляющая $R(C)$).

Основным процессом, происходящим в анаэробных биофильтрах, является реакционный процесс анаэробной деструкции органического вещества сообществом специфических микроорганизмов. Скорость этого процесса определяется законами химической и биохимической кинетики, в частности зависимостью Моно, определяющей скорость бактериального роста в зависимости от концентрации субстрата [6]:

$$S = \frac{S_{\max} + Q_c}{K_{Qc} + Q_c} \quad (2)$$

где S – удельная скорость роста микроорганизмов, ч^{-1} ; $S_{\max}$ – максимальная скорость роста микроорганизмов; K_{Qc} – константа полунасыщения, равная концентрации субстрата.

Используя аналогию процессов тепло и массоотдачи, рассмотрим модель роста и отрыва газового пузырька при метаногенезе с учетом допущений, принятых при изучении механизма роста и отрыва парового пузырька при кипении [6].

На начальных стадиях рост газового пузырька происходит медленно, ускоряясь с расширением пузырька. Однако в дальнейшем его рост замедляется, что может быть обусловлено снижением скорости поглощения субстрата микроорганизмами и как следствие снижение скорости выделения биогаза на данном участке за счет уменьшения поверхности контакта био пленки с субстратом. Также уменьшение скорости роста пузырька частично обусловлено переходом части объема пузырька в жидкость, где концентрация биогаза низкая.

На рисунке 6 схематично изображен пузырь, растущий на поверхности био пленки. На рисунке 7 представлена схема сил, действующих на пузырь биогаза на поверхности био пленки в неподвижной жидкости.

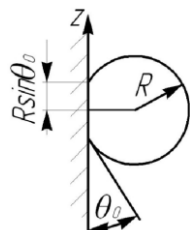


Рис. 6. Расчетная схема пузырька, растущего на поверхности био пленки



Рис. 7. Схема сил, действующих на пузырь, растущий на поверхности био пленки

При этом нормальные средние по поверхности пузырьки составляющие скорости и ускорение роста определяются в зависимости от функции $f_1(\theta_0)$ [5]:

$$a_n = a_b * f_1(\theta_0) \quad W_n = W_b * f_1(\theta_0) \quad (3)$$

$$f_1(\theta_0) = \frac{0.5 * \cos^2 \theta_0 + \cos \theta_0 + 0.5}{1 + \cos \theta_0} \quad (4)$$

где W_b, a_b – определяют радиальные скорость и ускорение пузырька соответственно; W_n, a_n – средние по поверхности пузырька значения скорости и ускорения, направленные нормально к стенке, соответственно.

Результаты исследований процесса очистки сточных вод винодельческой промышленности анаэробным методом. С целью количественной оценки влияния отдельных параметров процесса синтеза биогаза на величину радиуса отрыва газового пузырька от поверхности био пленки был проведен численный эксперимент. Который показал, что при увеличении нагрузки на ил по ХПК скорость роста пузырьков и интенсивность процесса увеличивается, но никак не влияла на отрывной радиус пузырей. Также на отрывной радиус пузырьков не влияет в значительной степени и характеристики активной микрофлоры. Это объясняется весомым значением силы Архимеда и поверхностного натяжения по сравнению с силами инерции, что возникают в результате роста пузырька.

В результате эксперимента, для трех температур проведения процесса были рассчитаны коэффициенты и отрывной радиус пузырьков R_0 . Полученная зависимость отрывного радиуса пузырька от температуры среды представлена на рис. 8.

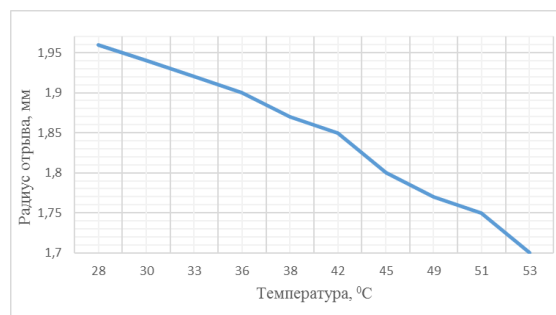


Рис. 8. Зависимость отрывного радиуса пузырька от температуры среды.

Также был проведен численный эксперимент влияния потока жидкости, представляющего собой срывающее усилие, на отрывной радиус пузырька. Напряжение трения на поверхности пленки описывается зависимостью:

$$\tau_{cm} = \mu \frac{W_n}{W_{cm}} * \frac{dW}{dz} \quad (5)$$

$W_{ст}$ – скорость вдува, или скорость, с которой начинает всплывать пузырек после отрыва.

Размеры жидкостных прослоек между газовыми пузырьками по высоте каналов, образованных неподвижной насадкой, меняется. В сечениях близких, до входа жидкости, газосодержание низкое, среда представляет собой жидкость с незначительными газовыми включениями, что движется, преимущественно, в ламинарном режиме особенно возле стенок канала. По мере подъема среды по высоте канала содержание газовой фазы возрастает, жидкостные перепонки становятся тоньше. Полученная зависимость отрывного радиуса пузырька от скорости потока жидкости представлена на рис. 9.

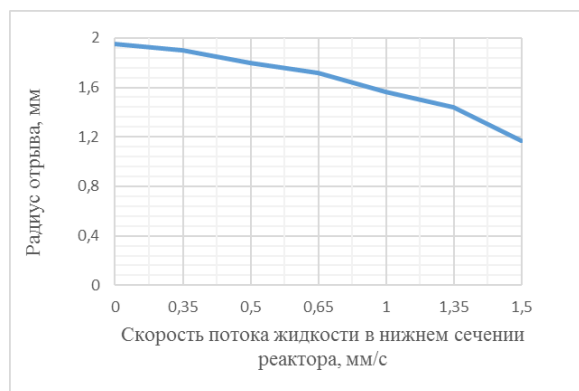


Рис. 9. Зависимость отрывного радиуса пузырька от скорости потока жидкости

Было установлено, что с увеличением скорости восходящего потока жидкости отрывной радиус пузырьков уменьшается, что способствует интенсификации процесса в целом.

Натуральные экспериментальные исследования по нахождению оптимальной температуры сбраживания проводили на экспериментальной установке, имеющее компьютерное исполнение с своим многофункциональным программным обеспечением, которое позволяет осуществлять сбор, обработку, сравнение, хранение, управление информацией, регистрацию критических значений, графическое отображение параметров в режиме реального времени (рис. 10).

Определяли температуру сбраживания стандартным термодатчиком, установленным в PDAC анаэробном реакторе, через двадцать дней от начала эксперимента. Выход объема газа определяли стандартным датчиком давления газа в трубопроводе.

Важным фактором, влияющим на процесс брожения, является доза загрузки. Дозу загрузки в сутки принято выражать:

- 1) по объему загруженных осадков и процентам от эксплуатационного объема сооружения;
- 2) по беззольному веществу.

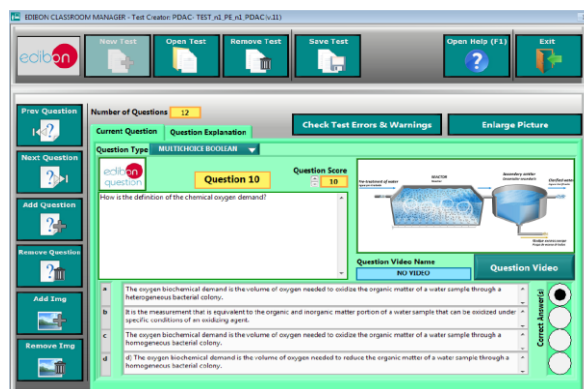


Рис. 10. PDAN/ICAI. Интерактивное программное обеспечение для получения результатов исследований

Она зависит от многих параметров, основным из которых является влажность, и изменяется в пределах 7-11% для мезофильного процесса и 14-22% для термофильного.

При повышенных дозах загрузки режим сбраживания нарушается, содержание CO у исходного газа увеличивается, что затрудняет его использование как топливо-биогаз. В тоже время снижение доз загрузки связано не только с экономическим получением и утилизацией биогаза, но и с рациональным обезвоживанием осадков.

Все эксперименты были проведены при мезофильном и термофильном температурном режиме. Температура в термостате поддерживалась на уровне $35 \pm 0,3$ °C и $53 \pm 0,3$ °C. Общая продолжительность эксперимента составляла 70 суток.

Выход биогаза при мезофильном режиме составил $3,4 \text{ дм}^3$, а при термофильном – $6,5 \text{ дм}^3$. Необходимо отметить, что при термофильном режиме был получен максимальный суточный выход газа.

На рис. 11 приведен накопленный выход биогаза при мезофильном и термофильном температурном режиме в пересчете на единицу объема субстрата в зависимости от массовой доли от мойки сырья в субстрате.

Для экономического оправдания биогазовой станции принято решение выбрать мезофильный режим (недостатком термофильного способа является потребность в тепловой энергии, которая по сравнению с мезофильным способом приблизительно в два раза больше).

Чрезвычайно важным атрибутом любого промышленного производства есть система очистных сооружений. Система очистки сточных вод на любом винодельческом заводе не является

совершенной, поэтому предлагается альтернативная биологической очистки - система анаэробной очистки.

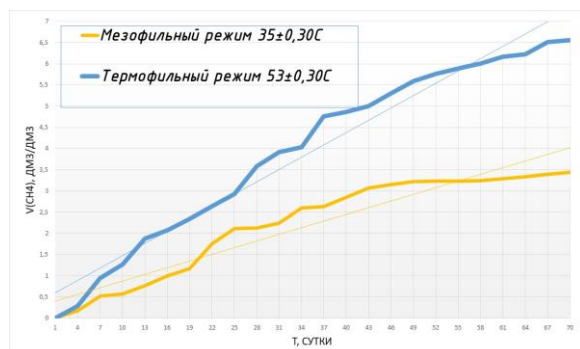


Рис. 11. Результаты анализа оптимальной температуры сбраживания

Концентрация загрязняющих веществ в сточных водах Багеровского завода марочных коньяков, до и после аэробной очистки приведена в табл. 1.

Проанализировав данные концентраций загрязняющих веществ после очистки сточных вод, очевидно, что каждая из систем очищает сточные воды до необходимого уровня, но если при существующей аэробной системе очистки концентрации загрязняющих веществ в некоторых случаях является чуть выше допустимой, то после анаэробной – значительно ниже. Этот факт является еще одним подтверждением рациональности замены аэробной системы очистки на анаэробную.

В качестве рекомендаций для усовершенствования системы очистки сточных вод винодельческих предприятий Крыма предлагается следующая технологическая схема.

Таблица 1

Характеристика сточных вод Багеровский завод марочных коньяков до и после анаэробной очистки

Название загрязняющих веществ	Концентрация загрязняющих веществ, поступающих на очистные сооружения, мг/л	Концентрация загрязняющих веществ после очистки ЛКОС, мг/л	Концентрация загрязняющих веществ после анаэробной очистки, мг/л
Взвешенные вещества	950	98	48
БПК _{полн}	1850	270	190
ХПК	3700	380	230
Нитраты	5,2	1,8	1,5
Нитриты	0,57	0,06	0,039

Из производства сточные воды самотеком поступают в насосный приемок, откуда насосами подаются на стадию механической очистки – барабанную решетку. На барабанной решетке удаляются твердые частицы, размером больше 1 мм. Основным отходом является винный камень, образующийся при производстве вина. Удаление винного камня необходимо для стабильной работы насосов и другого оборудования.

Следующим этапом очистки является усреднение. Вода насосами подается в усреднительную емкость. Там происходит усреднение стоков по объему и концентрации. Также на данном этапе устанавливается нейтральное значение pH с помощью дозирования щелочи или кислоты.

После усреднения вода направляется на анаэробную очистку (метанреактор-биофильтр). Очистение происходит за счет жизнедеятельности бактерий анаэробного ила.

В процессе очистки происходит значительное снижение по ХПК (около 95% и более). Данный показатель очень высок, в среднем в метанреакторе выделяется около 90% органических веществ. Это достигается за счет хорошего биологического разложения органики, содержащейся в сточных водах и грамотного и налаженного управления процессом очистки. При анаэробной очистке выделяется биогаз (смесь метана и углекислого

газа), который впоследствии утилизируется в специальном котле и превращается в тепловую энергию.

После метанреактора вода поступает на завершающую стадию – в аэрирующую емкость. В данной емкости за счет подачи воздуха уничтожаются все анаэробные бактерии, так как они не могут существовать в присутствии кислорода. После процесса очистки сточная вода поступает в коллектор городской канализации.

На предприятиях винодельческой промышленности биогаз может использоваться как топливо для сжигания в котле и получения тепловой энергии.

Выводы. По результатам проведенных исследований можно сделать вывод, что анаэробные методы очистки позволяют значительно сократить затраты на эксплуатацию установки, так как не требуются затраты на аэрацию среды, значительно снижаются затраты на утилизацию отработанного активного ила благодаря сравнительно небольшому его количеству, снижаются расходы на обслуживание. В некоторых случаях возможно получить дополнительную прибыль от использования образованной на установке энергии.

Л и т е р а т у р а

1. Пальгунов Н.В. Промышленные сточные воды / Н.В. Пальгунов. – Минск, 2000. – 415 с.

2. Богураев Д. Очистка сточных вод как фактор устойчивого развития / Д. Богураев // Образование и наука для устойчивого развития: междунар. научно-практ. конф., 12-14 марта 2013 г.: мат. конф. 4.1. – М.: 2013. – С. 158-164.

3. Гладченко М.А. Биологическая очистка сточных вод заводов первичного виноделия / М.А. Гладченко, В.И. Скляр, С.С. Щербаков, С.В. Калужный // Виноград и вино России. – 1999. – №6. Гряднев П.И. Энергетические аспекты процесса переработки навоза в анаэробных условиях.: уч. пособ. Санкт-Петербург: СПбГТУРП, 2010. Ч.1. – 98 с.

4. Богураев Д. Очистка сточных вод как фактор устойчивого развития / Д. Богураев // Образование и наука для устойчивого развития: междунар. научно-практ. конф., 12-14 марта 2013 г.: мат. конф. 4.1. – М.: 2013. – С. 158-164.

5. Варфоломеев, С.Д. Применение метода математического моделирования для изучения процессов конверсии биомассы в биогаз. /Варфоломеев С.Д., Калужный С.В.//Советско-финский симпозиум "Биогаз-85": Проблемы и решения, М., февраль 1985

6. Buysman. E. Anaerobic digestion for developing countries with cold climates. Master thesis. / E. Buysman. – Wageningen: University of Wageningen, 2009. – 173 p.

Krymov R.S., Melnikova N.S., Samsonova A. G.
INVESTIGATION OF THE PROCESS OF ANAEROBIC WASTEWATER TREATMENT OF THE WINE INDUSTRY

The article describes the process of synthesis of biogas from the distillery's bard in a bioreactor-biofilter. The design of a two-stage flow-type bioreactor is investigated. Technological parameters of operation and features of hydrodynamic characteristics in the apparatus are considered. The dynamics of biogas output during sediment fermentation is simulated. A numerical study of the influence of temperature, fluid velocity, substrate and biomass parameters on the biogas bubble separation radius was carried out based on solving a mathematical model of the formation and separation of a biogas bubble on the surface of a biofilm in an anaerobic biofilter.

Keywords: biological purification, anaerobic biofilter, wastewater, biogas.

Крымков Роман Сергеевич, старший преподаватель кафедры водоснабжения, водоотведения и санитарной техники Института «Академия строительства и архитектуры» ФГОАУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского», г. Симферополь.

E-mail: kelt_roman@mail.ru

Krymov Roman Sergeevich, Senior Lecturer of the Department of Water Supply, Sanitation and Sanitary Engineering of the Institute "Academy of Construction and Architecture" V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol.

Мельникова Наталья Сергеевна, аспирант кафедры водоснабжения, водоотведения и санитарной техники Института «Академия строительства и архитектуры» ФГОАУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского», г. Симферополь.

E-mail: 6653949@gmail.com

Melnikova Natalia Sergeevna, postgraduate student of the Department of Water Supply, Sanitation and Sanitary Engineering of the Institute "Academy of Construction and Architecture" V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol.

Самсонова Анастасия Глебовна, магистрант кафедры водоснабжения, водоотведения и санитарной техники Института «Академия строительства и архитектуры» ФГОАУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского», г. Симферополь.

Samsonova Anastasia Glebovna, Master's student of the Department of Water Supply, Sanitation and Sanitary Engineering of the Institute "Academy of Construction and Architecture" V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol.

Рецензент: Николенко Илья Викторович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой водоснабжения, водоотведения и санитарной техники Института «Академия строительства и архитектуры» ФГОАУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»

Статья подана 09.12.2022

УДК 621.926

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПНЕВМОТРАНСПОРТНЫХ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Ленич С.В., Захарчук А.С.

THE METHOD OF PNEUMATIC TRANSPORT MILLS COMPUTATION

Lenich S.V., Zakharchuk A.S.

Приведена методика расчета пневмотранспортных измельчительных установок, позволяющих совмещать процессы транспортирования и измельчения сыпучих материалов. Измельчение материала осуществляется за счёт удара частиц, движущихся в потоке воздуха, о размольные элементы, установленные в транспортном трубопроводе. Методика позволяет определить основные конструктивные и технологические параметры пневмотранспортных измельчительных установок, суммарное сопротивление и расход воздуха, обеспечивающие скорости аэромеси, достаточные для измельчения материала в процессе его пневмотранспортирования.

Ключевые слова: измельчение, пылеприготовление, пневмотранспорт, аэродинамический расчет, мельница.

Введение. Современное состояние с энергоресурсами в горной и угледобывающей промышленности характеризуется резким ростом стоимости потребляемой электроэнергии, в том числе за счет увеличения затрат на ее производство на тепловых электростанциях. Главная составляющая этих затрат определяется низкой эффективностью процессов пылеприготовления с помощью измельчения угля в традиционных шаровых барабанных мельницах (ШБМ)[1].

Поэтому создание эффективных и менее энергоемких способов и технологий измельчения угля является очень важной, актуальной научно-производственной и технической задачей.

Анализ последних исследований и публикаций. Анализ мирового опыта по измельчению твердых материалов показывает, что для тонкого измельчения наиболее эффективен пневматический способ. Данный способ измельчения реализуется в пневматических и газоструйных мельницах, в которых кинетическая энергия передается частицам измельчаемого материала потоком сжатого воздуха, пара или продуктов сгорания. Измельчение материала осуществляется при ударе частиц о размольную плиту или друг с другом.

Значительный вклад в развитие пневматических и струйных способов измельчения внесли такие ученые как М. Л. Кисельгоф, В. И. Акунов, В. И. Горобец, Л. Ж. Горобец, В. А. Уваров,

А. Гриффит, Г. Румпф, Й. Мори, Н. Накаяма, Х. Гоммерен, А. Модзик, М. Такеши и другие.

Анализ исследований показывает, что только пневматические мельницы обеспечивают измельчение материалов с минимальным намолом продуктами износа, при этом повышается не только дисперсность готового продукта, но и удельная производительность измельчения и его к.п.д. Ограниченность применения пневматических мельниц в системах пылеприготовления объясняется традиционным подходом использования для помола каменного угля и антрацита шаровых мельниц. За рубежом пневматические мельницы применяются в пылесистемах прямого вдувания.

Простота устройства, отсутствие подвижных частей и сложных подшипников обуславливают преимущества пневматических мельниц по сравнению с ШБМ.

Цель. Целью работы является разработка методики расчета основных параметров пневмотранспортных измельчительных установок.

Изложение основного материала. На кафедре «Транспортные технологии» ЛГУ им. В. Даля разработаны два варианта конструкции пневмотранспортной измельчительной установки. Первым вариантом является зигзагообразный измельчительный трубопровод, устанавливаемый в линейную часть трубопроводов, транспортирующих уголь. Второй вариант предусматривает использование измельчительной установки в виде вертикального змеевика с использованием П-образных колен с отбойными плитами. Конструкция и принцип действия разработанных измельчительных устройств описаны в [2-4].

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования по измельчению угля (антрацита) в пневмотранспортных измельчительных установках показали, что эффективность измельчения материала зависит от таких основных факторов как скорость аэромеси, угол поворота колена транспортного трубопровода, массовая концентрация и дисперсность материала. Получена [5] экспериментальная зависимость влияния перечисленных факторов на прирост удельной поверхности частиц антрацита,

движущихся в потоке воздуха и измельчающихся при ударе об отбойные элементы, что позволяет выбрать параметры пневмотранспортной измельчительной установки, при которых энергозатраты на измельчение будут минимальны.

Методика расчета предназначена для определения конструктивных и технологических параметров пневмотранспортных измельчительных установок, суммарного сопротивления и расхода воздуха, обеспечивающих скорости аэросмеси, достаточные для измельчения угля в процессе его пневмотранспортирования. По результатам расчета подбирается воздуходувная машина, соответствующая необходимому расходу воздуха и начальному избыточному давлению.

Исходными данными для расчета являются:

1. Производительность по измельчаемому материалу, Q_m , т/ч.
2. Характеристика измельчаемого материала: плотность $\rho_{\text{ч}}$, коэффициент восстановления при ударе $k_{\text{в}}$, предел прочности σ_p , модуль упругости E .
3. Избыточное давление на выходе из пневмотранспортной измельчительной установки, P_c , атм.
4. Средний размер частиц исходного материала $d_{\text{ср}}$.
5. Требуемая тонкость помола готовой пыли, определяемая по остатку на сите R_{90} .

На рис. 1 представлен алгоритм расчета пневмотранспортной измельчительной установки в виде блок-схемы.

Сначала разбиваем трассу пневмотранспортной измельчительной установки на участки. Каждый расчетный участок включает одно колено и разгонный прямолинейный трубопровод перед ним.

Расчет производится поэтапно для каждого участка, начиная с последнего. Объемный расход воздуха, $Q_{\text{вр}}$, м³/с, при рабочих условиях, перед последним коленом пневмотранспортной измельчительной установки будет равен:

$$Q_{\text{вр}} = Q_{\text{в}} \frac{P_{\text{в}}}{P_{\text{в}} + P_c + \Delta P_{\kappa_n}}, \quad (1)$$

где $Q_{\text{в}}$ – объемный расход воздуха при нормальных условиях, обеспечивающий заданную производительность, м³/с;

$P_{\text{в}}$ – атмосферное давление, Па;

P_c – избыточное давление на выходе из последнего колена, принимается равным сопротивлению пневмотранспортной системы, установленной после измельчительной установки, Па;

ΔP_{κ_n} – потери давления на преодоление сопротивления в последнем колене, Па.

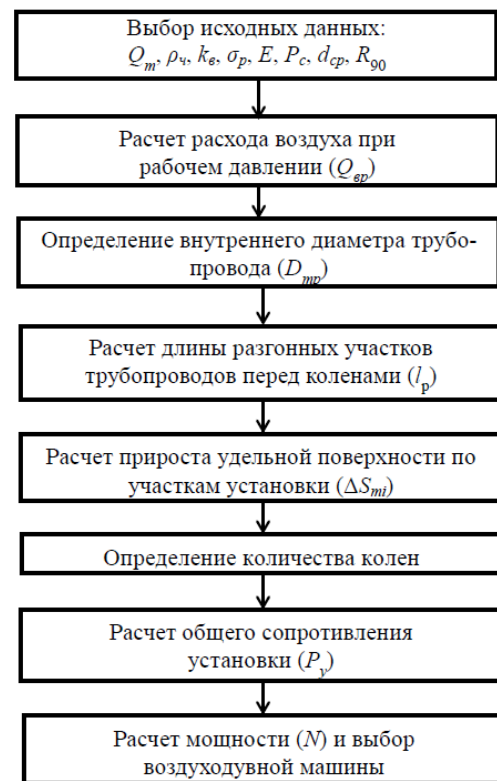


Рис. 1. Блок-схема расчета параметров пневмотранспортных измельчительных установок

Объемный расход воздуха, $Q_{\text{в}}$, м³/с, обеспечивающий заданную производительность определяется из выражения [6]:

$$Q_{\text{в}} = \frac{Q_m}{3,6 \cdot \mu \cdot \rho_{\text{в}}}, \quad (2)$$

где μ – массовая концентрация, кг/кг. Согласно проведенных исследований оптимальной является концентрация $\mu = 1,0$ кг/кг;

$\rho_{\text{в}}$ – плотность воздуха при нормальных условиях, кг/м³.

Потери давления на преодоление сопротивления в колене, ΔP_{κ_i} , Па:

$$\Delta P_{\kappa_i} = \zeta_{\kappa} \frac{\rho_{\text{в}i} \cdot V_{\text{в}i}^2}{2} (1 + k_{\kappa} \cdot \mu), \quad (3)$$

где ζ_{κ} – коэффициент местного сопротивления колена. Согласно [7] $\zeta_{\kappa} = k_{\Delta} \cdot k_{\text{Re}} \cdot C_1 \cdot A \cdot \zeta_m$, при этом указанные коэффициенты могут быть найдены по диаграммам, приведенным в [7]. Минимальные энергозатраты на измельчение достигаются при угле поворота колен $\delta = 75^\circ$;

$\rho_{\text{в}i}$ – средняя плотность воздуха при рабочих условиях на i -м участке, кг/м³;

$V_{\text{в}i}$ – скорость воздушного потока на i -м участке, в пределах одного участка задается постоянное значение. На последнем участке $V_{\text{в}n}$ принимается в пределах 90-100 м/с;

k_k – коэффициент, учитывающий увеличение потерь давления, при движении материала в колене, по сравнению с потерями давления при движении чистого воздуха.

Определение внутреннего диаметра трубопровода. Диаметр трубопровода D_{mp} рассчитывается из условия обеспечения достаточной для измельчения угля скорости воздушного потока V_{θ} . Определяется для расхода воздуха $Q_{\theta p}$ при рабочем избыточном давлении перед последним коленом пневмотранспортной измельчительной установки. Внутренний диаметр трубопровода, D_{mp} , м, будет равен [8]:

$$D_{mp} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{\theta p}}{\pi \cdot V_{\theta n}}}, \quad (4)$$

где $V_{\theta n}$ – скорость воздушного потока на последнем (n-м) участке.

Определение длины разгонных участков. Длина участка разгона частиц (близких к кубообразной форме), l_p , м, может быть определена согласно [9]:

$$l_p = \frac{(V_{\theta k} - V_{\theta n})^2 \cdot d_{cp} \cdot \rho_{\theta}}{2 \cdot C \cdot \rho_{\theta} \cdot V_{\theta}^2 \cdot g}, \quad (5)$$

где $V_{\theta n}$, $V_{\theta k}$ – скорости частиц, соответственно в начале и в конце разгонного участка, м/с;

d_{cp} – характерный размер (ширина) частиц, м;

C – коэффициент лобового сопротивления частиц;

V_{θ} – скорость воздуха в разгонном участке трубопровода перед коленом, м/с.

Длина разгонных участков, вследствие полидисперсности угольной пыли при измельчении, определяется для частиц максимального размера, которые вводятся в пневмотранспортную систему перед первым коленом, и принимается постоянной для всей установки.

Суммарные потери давления на i -м участке будут равны:

$$\Delta P_i = \Delta P_{\kappa_i} + \Delta P_{mp_i} + \Delta P_{p_i}, \quad (6)$$

где ΔP_{mp_i} – потери давления на преодоление трения смеси на i -м участке, Па;

ΔP_{p_i} – потери давления на разгон материала на i -м участке, Па.

Потери давления на преодоление трения смеси, ΔP_{mp_i} , Па [10]:

$$\Delta P_{mp_i} = \lambda \frac{\rho_{\theta p_i} \cdot V_{\theta_i}^2 \cdot l_p}{2 \cdot D_{mp}} (1 + k_{\Gamma} \cdot \mu), \quad (7)$$

где λ – коэффициент сопротивления при трении воздуха о стенки трубопровода, λ зависит от относительной шероховатости стенок трубы $\bar{\Delta}$ и числа Re , может быть выбран по диаграммам [7];

k_{Γ} – коэффициент (Гастерштадта), учитывающий увеличение потерь давления, при

движении материала в трубопроводах, по сравнению с потерями давления при движении чистого воздуха.

Потери давления на разгон материала от скорости $V_{\theta n}$ до скорости $V_{\theta k}$, ΔP_{p_i} , Па, определяются по формуле [10]:

$$\Delta P_{p_i} = \frac{\mu \cdot \rho_{\theta_i} \cdot V_{\theta_i}}{2} (V_{\theta k} - V_{\theta n}), \quad (8)$$

где $V_{\theta n}$, $V_{\theta k}$ – скорости частиц, соответственно в начале и в конце разгонного участка, м/с. На выходе из колена скорость частиц после разрушения принимается равной 0 м/с.

После определения сопротивления на последнем участке производится расчет следующего участка. Избыточное давление в конце предпоследнего участка рассчитывается с учетом перепада давлений на последнем участке и равно $P_c + \Delta P_n$.

Величина скорости воздушного потока в конце предпоследнего участка при постоянной температуре воздуха и сечении трубопровода, может быть определена по формуле:

$$V_{B1} = V_{B2} \frac{1 + P_2}{1 + P_1}, \quad (9)$$

где V_{B1} – скорость движения воздушного потока в конце предпоследнего участка, м/с;

V_{B2} – скорость движения воздушного потока в конце последнего участка, м/с;

P_2 – избыточное давление в конце последнего участка, атм.;

P_1 – избыточное давление в конце предпоследнего участка, где определяется V_{B1} , атм.

Расчет перепада давлений на предпоследнем участке определяется по формуле (6), при этом необходимо учитывать изменение плотности воздуха по мере изменения давления.

Аналогично выполняется расчет и для последующих участков. Для каждого участка по математической модели [4] определяется прирост удельной поверхности ΔS_m , м²/кг:

$$\Delta S_m = \frac{k_{cm}}{2 \cdot k_r} \cdot \left[V_{\theta m}^2 \cdot \cos^2 \alpha (1 - k_{\theta}^2) - \frac{\sigma^2 \cdot g}{E \cdot \rho_{\theta}} \right], \quad (10)$$

где k_{cm} – коэффициент использования работы разрушения на образование новой поверхности;

k_r – коэффициент пропорциональности, определяющий удельную работу на образование единицы новой поверхности, м²/кг. Для угля k_r можно принять равным 45 Дж/м² [11];

$V_{\theta m_i}$ – скорость аэросмеси на i -м участке, принимается равной скорости воздушного потока, м/с;

α – угол атаки частиц, $\alpha = 90^\circ - \delta$.

Согласно проведенным экспериментальным исследованиям коэффициент k_{cm} определяется по зависимости:

$$k_{cm} = \frac{22}{V_{cm_i} \cdot \sin \delta} \left(1 - \frac{S_{m_i}}{S_{m_i \max}}\right), \quad (11)$$

где S_{m_i} – удельная поверхность частиц, в начале i -го участка, м²/кг;

$S_{m_i \max}$ – максимальная удельная поверхность [5], при определенном сочетании основных факторов (V_{cm} , δ , μ):

$$S_{m_i \max} = -13,3 + 1,08 \cdot V_{cm} + 0,3 \cdot \delta - 8,94 \cdot \mu. \quad (12)$$

Удельная поверхность S_{m_i} пыли в конце i -го участка определяется согласно:

$$S_{m_i} = S_{m_o} + \sum_{i=1}^n \Delta S_{m_i}, \quad (13)$$

где S_{m_o} – первоначальная удельная поверхность угольной пыли;

i – номер участка;

n – число участков;

ΔS_{m_i} – прирост удельной поверхности на i -м участке, м²/кг.

Первоначальная удельная поверхность S_{m_o} определяется по выражению:

$$S_{m_o} = \frac{6 \cdot g}{\rho_c \cdot d_{cp}}. \quad (14)$$

Расчет удельной поверхности S_{m_i} осуществляется по ходу движения аэросмеси, начиная с первого участка. Общее число участков (и колен) будет зависеть от требуемой удельной поверхности готовой пыли S_{mk} , при этом должно выполняться условие:

$$S_{m_i} \geq S_{mk} = 97,2 - 0,92 \cdot R_{90}, \quad (15)$$

где R_{90} – требуемый остаток на сите (90 мкм).

Общее сопротивление пневмотранспортной измельчительной установки будет равно:

$$P_y = \Delta P_{доп} + \sum_i^n \Delta P_i, \quad (16)$$

где $\Delta P_{доп}$ – дополнительные потери давления, связанные с увеличением динамического напора транспортирующего газа, Па;

ΔP_i – суммарные потери давления на i -м участке установки, Па.

Дополнительные потери давления, $\Delta P_{доп}$, Па, связанные с увеличением динамического напора транспортирующего газа, определяются по формуле:

$$\Delta P_{доп} = \frac{\rho_{вк} \cdot V_{вк}^2}{2} - \frac{\rho_{вн} \cdot V_{вн}^2}{2}, \quad (17)$$

где $\rho_{вн}$, $\rho_{вк}$ – плотность воздуха при рабочем давлении, соответственно в начале и в конце пневмотранспортной измельчительной установки, кг/м³;

$V_{вн}$, $V_{вк}$ – скорости движения воздушного потока, соответственно в начале и в конце

пневмотранспортной измельчительной установки, м/с.

Сопротивление загрузочного устройства P_z перед пневмотранспортной измельчительной установкой при предварительных расчетах может быть принято в пределах 10...20 кПа.

Определение мощности, затрачиваемой на измельчение угля. Мощность двигателя воздушодувной машины, N , кВт [12]:

$$N = \frac{k_z \cdot A_{из} \cdot Q_o}{1000 \cdot \eta_o}, \quad (18)$$

где $k_z = 1,1-1,15$ – коэффициент запаса;

$A_{из}$ – работа компрессора на сжатие 1 м³ воздуха при изотермическом процессе, Н·м/м³;

Q_o – объемный расход воздуха на выходе из воздушодувной машины, м³/с;

η_o – полный к.п.д. воздушодувной машины.

Проведенные расчеты по приведенной методике показали, что удельные затраты электроэнергии на измельчение антрацита в разработанном устройстве составляют 26-28 кВт·ч/т и с увеличением производительности пневмотранспортной измельчительной установки изменяются незначительно.

Выводы. 1. Разработана методика расчета, позволяющая определить конструктивные и технологические параметры пневмотранспортных измельчительных установок, суммарное сопротивление и расход воздуха, обеспечивающие скорости аэросмеси, достаточные для измельчения угля в процессе его пневмотранспортирования.

2. Использование пневмотранспортной измельчительной установки взамен ШБМ позволит снизить удельные затраты электроэнергии на пылеприготовление в 1,4-1,5 раза.

Л и т е р а т у р а

1. Кириченко В.І. Мліни примусового подрібнення та їх працездатність / В. І. Кириченко // Уголь Украины. – 1998. – № 4. – С. 50-52.
2. Патент 44274 Україна, МПК (2009) кл. B02C 19/00, B02C 23/06. Подрібнювач / В. О. Турушин, Г. І. Нечаєв, С. В. Лєнич; заявл. 05.05.2009; опубл. 25.09.2009, Бюл. № 18.
3. Патент 101529 Україна, МПК (2013.01) кл. B02C 19/06, B02C 23/00. Газоструминний подрібнювач / В. О. Турушин, С. В. Лєнич; заявл. 23.05.2011; опубл. 10.04.2013, Бюл. № 7.
4. Лєнич С. В. Исследование процесса измельчения угля в пневмотранспортной измельчающей установке / С. В. Лєнич // Вестник НТУ «ХПИ». – 2012. – № 48 (954). – С. 99-104.
5. Лєнич С. В. Анализ результатов экспериментальных исследований измельчения антрацита в пневмотранспортной измельчающей установке / С. В. Лєнич, В. А. Турушин // Вестник ВНУ им. В. Даля. – 2012. – № 6 (177) часть 2. – С. 281-288.
6. Урбан Я. Пневматический транспорт: пер. с чешск. / Я. Урбан; под ред. Л. М. Шведова. – М.: Машиностроение, 1967. – 256 с.

7. Идельчик И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / И. Е. Идельчик; под ред. М. О. Штейнберга. – М.: Машиностроение, 1992. – 672 с.

8. Евстифеев В. Н. Трубопроводный транспорт пластичных и сыпучих материалов в строительстве / В. Н. Евстифеев. – М.: Стройиздат, 1989. – 248 с.

9. Сиденко П. М. Измельчение в химической промышленности / П. М. Сиденко. – М.: Химия. – 1977. – 368 с.

10. Сычугов Н. П. Установки пневматического транспорта (классификация, основы теории, расчёт основных узлов и пример расчёта установки): Учеб. пособие / Н. П. Сычугов. – М.: ВСИЗО, 1970 – 67 с.

11. Ганкевич В. Ф. Энергетический подход к оценке свойств горных пород / В. Ф. Ганкевич, Л. Ж. Горобец, Е. И. Плохотнюк, И. А. Шуляк; [электронный ресурс]. – Режим доступа 12.04.2010: <http://zombie999.boom.ru/book02/8.htm>.

12. Смолдырев А. Е. Гидро- и пневмотранспорт в металлургии (техника и технология, инженерные расчёты) / А. Е. Смолдырев. – М.: Металлургия, 1985. – 280 с.

Lenich S.V., Zakharchuk A.S.

THE METHOD OF PNEUMATIC TRANSPORT MILLS COMPUTATION

The method of pneumatic transport mills computation, which allows to combine the grinding process and transport of dry materials is presented in the paper. Grinding of material is realized by the impact of particles, moving in the air streams, at dash elements set in the transport pipeline. The method allows to define the basic construction and technological parameters of pneumatic transport mills, total resistance and flow rate, which provides air mixture velocity of sufficient for material grinding in the process of its pneumatic transport. The blast - engine, which satisfies the

necessary flow rate and differential pressure, was chosen as the result of computation. The use of pneumatic transport mill instead of ball mill allows to reduce the specific expenses of electric power on coal powder processing by 1,4-1,5 times.

Key words: grinding, coal powder processing, pneumatic transport, aerodynamic computation, mill.

Ленич Сергей Васильевич, канд. техн. наук, доцент кафедры «Транспортные технологии», ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

E-mail: mouselenich@yandex.ru

Lenich Sergey Vasil'evich, Cand. Sci. (Eng.), Docent of the Transport Technologies Department of SEE HT LPR «Luhansk Vladimir Dahl State University».

Захарчук Александр Сидорович, докт. техн. наук, профессор кафедры «Электроэнергетика», ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

E-mail: ass_zaharchf@mail.ru

Zakharchuk Alexander Sidorovich, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Power Engineering, SEE HT LPR «Luhansk Vladimir Dahl State University».

Рецензент: Тарарычкин Игорь Александрович, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой транспортных технологий, ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 17.11.2022

УДК 539.375.5

ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ТРУБОПРОВОДНОГО ТРАНСПОРТА В ЗОНАХ КОНЦЕНТРАЦИИ МЕХАНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ

Малахов О.В., Афанасьев А.А

ASSESSMENT OF THE STRESS STATE OF PIPELINE TRANSPORT ELEMENTS IN AREAS OF MECHANICAL STRESS CONCENTRATION

Malakhov O.V., Afanasiev A.A.

В статье рассмотрены вопросы оценки напряженного состояния элементов металлоконструкций трубопроводного транспорта при воздействии эксплуатационных нагрузок.

Предложены уточненные математические зависимости оценки напряженного состояния в тех местах металлоконструкций транспортных средств, где напряжение в их материале существенно превышает средние эксплуатационные нагрузки.

Ключевые слова: транспорт, трубопровод, напряженное состояние металла, деформация.

Введение. Безопасный эксплуатационный ресурс транспортных средств в значительной мере зависит от нагрузок, действующих на их несущие и вспомогательные конструкции.

Изложение основного материала. Целью проводимого исследования является получение уточненных математических зависимостей оценки напряженного состояния в тех местах металлоконструкций, где напряжение в их материале существенно превышает средние эксплуатационные нагрузки [1].

1. При бескомпенсаторной прокладке заглубленных трубопроводов напряжения в их материале возникают за счет внутреннего давления p , внешнего обжатия $g(x)$ и осевых сжимающих (растягивающих) усилий p_0 . Для уменьшения последних температурные условия эксплуатации и монтажа должны быть близкими, что не всегда выполнимо при зимней прокладке трубопроводов и транспортировке по ним подогреваемых составов. Это является основной причиной потери продольной устойчивости, а иногда и выброса заглубленных трубопроводов на поверхность. Особую опасность представляют вскрытые для ремонта или других целей магистральные трубопроводы. На рис. 1 показан участок магистрального трубопровода, потерявшего продольную устойчивость в открытой траншее.

Предлагаемый способ определения критических сжимающих усилий позволяет найти их полный спектр в зависимости от параметров, определяющих упругие свойства несущей

конструкции и взаимодействующей с ней внешней средой.



Рис. 1. Продольная потеря устойчивости вскрытого трубопровода

В нормированных переменных разрешающая система уравнений по определению критических p_0 имеет вид:

$$\begin{cases} E I y^{IV}(x) + p_0 y''(x) = g(x) \\ \int_{-1}^1 g(\xi) \ln|\xi - x| d\xi = \pi \lambda y(x) \end{cases} \quad (1)$$

Приведенная система, в отличие от ранее принятых подходов на базе линейности упругого основания [2], предполагает более широкую общность учета упругих свойств грунта.

Разработанный метод специальной системы ортонормированных полиномов [3] пригоден для любых граничных условий рассматриваемой прикладной задачи. Численные результаты решения системы (1) позволяют прогнозировать безопасные условия, прежде всего температурные, эксплуатации подземных трубопроводов и проведения вскрышных мероприятий при проведении ремонта и замене (прокладке дополнительных трубопроводов) [4].

Потерю устойчивости поверхностных трубопроводов исследуют как частный случай системы (1) без учета $g(x)$.

Большую опасность для трубопровода представляет локальная потеря устойчивости, когда в месте максимального прогиба в момент потери

продольной устойчивости заглубленного трубопровода сжимающие напряжения достигают критических значений. В работе [5] показано, что сжимающие напряжения в нижней части трубы могут принимать значения, превышающие $\sigma_z = 260$ МПа, что граничит с локальной потерей устойчивости и началом местного трещинообразного разрушения, которое вблизи нагнетательных систем из-за возможных резонансных явлений весьма вероятно.

Следует отметить, что при нормальных условиях эксплуатации определяющими напряжениями для магистральных труб оценочных размеров ($R \approx 0,5$ м, $h \approx 0,01$ м) с внутренним давлением $p \approx 5$ МПа являются окружные напряжения, которые, по известной формуле, находятся в пределах $\sigma_0 = 2\sigma_z = 25$ МПа, т.е. на порядок меньше сжимающих напряжений σ_z в момент потери устойчивости. На внутренней поверхности трубы радиальные напряжения $\sigma_r = p$, на внешней они определяются интенсивностью внешнего обжатия.

Таким образом, приведенные оценки не только с точки зрения потери устойчивости в большом и малом, но и с позиции существующих теорий прочности подтверждают опасность явлений, происходящих в случаях общей потери устойчивости.

2. Открытые трубопроводы, как правило, прокладываются с включением компенсаторов, среди которых самым распространенным является П образный компенсатор, воспринимающий в основном одноосные напряжения сжатия и изгиба.

Сжимающее усилие определяется выражением:

$$P_0 = \frac{\alpha \Delta t \cdot \varepsilon \cdot L \cdot EI}{I_c}, \quad (2)$$

где L – длина компенсатора;

α – коэффициент температурного удлинения;

Δt – приращение температуры по отношению к температурным условиям монтажа;

ε – коэффициент предварительного растяжения компенсатора;

EI – изгибная жесткость трубы;

I_c – момент инерции компенсатора относительно оси, проходящей через его центр масс;

$$(X_c = 0, y_c).$$

Тогда для максимальных изгибающих моментов получим:

$$M_1 = y_c \cdot P_0; \quad (3)$$

$$M_2 = (H - y_c) \cdot P_0, \quad (4)$$

где $H \approx 3/2 \cdot y_c$ – высота компенсатора.

Соответствующие продольные напряжения выразятся формулой:

$$\sigma_{z(1,2)} = \frac{M_{1,2}}{k \cdot I} z \left[1 - \mu \left(\frac{z}{R} \right)^2 \right], \quad (5)$$

где k – коэффициент трубы;

z – расстояние от нейтральной оси трубы;

μ – коэффициент Пуассона.

Для окружных напряжений:

$$\sigma_{\theta(1,2)} = \frac{18 \cdot M_{1,2} \cdot R \cdot \lambda \left(1 - 2 \frac{z^2}{R^2} \right)}{I(1 + 12 \cdot \lambda^2)}. \quad (6)$$

В выражении (6) $\lambda = \frac{h \cdot r}{(R - \frac{h}{2})^2}$, (r – радиус

закругления компенсатора).

В табл.1 приведены значения коэффициента ε в зависимости от температуры и коэффициента трубы k в зависимости от радиусов колена r , трубы R и ее толщины h .

Таблица 1

Значения коэффициента ε в зависимости от температуры и параметров трубы

$t^\circ\text{C}$	ε	r/R	h , (мм)	R , (мм)	k
$t < 100$	0,5	2	5	213	0,029
$100 < t < 300$	0,7	4	7	460	0,038
$t \approx 400$	1,0	8	10	760	0,064

Приведенные значения ε и k характерны для труб как технологического ($t \approx 400^\circ\text{C}$), так и магистрального ($t < 100^\circ\text{C}$) назначений.

Остается учесть влияние внутреннего эксплуатационного давления p на окружные напряжения σ_θ , которые определяются выражением:

$$\sigma_{\theta p} = \frac{p \cdot R}{2h} \cdot \frac{2r + R \cdot \sin(\alpha)}{r + R \cdot \sin(\alpha)}. \quad (7)$$

На рис. 2 показана эпюра окружных напряжений, вызванных внутренним давлением p .

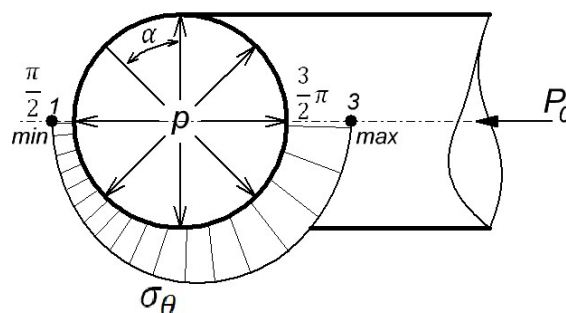


Рис. 2. Эпюра окружных напряжений в колене компенсатора

Отметим, что при $\alpha = 0, \pi$ значения напряжений равны одноименным напряжениям в значительной удаленности от колена, где они принимают постоянное оценочное значение, равное:

$$\sigma_\theta = \frac{pR}{h}.$$

Как показывают расчеты, напряжение на внутренней части изгиба могут более чем в три раза превышать номинальные. Относительная равнонапряженность имеет место при выполнении условия $r \geq 4R$.

Для компенсаторов техногенно опасных трубопроводов необходимо использовать самое жесткое условие прочности в форме:

$$\sqrt{\sigma_{\theta}^2 + \sigma_z^2 + p^2 - 2\mu(\sigma_{\theta} \cdot \sigma_z + \sigma_{\theta} \cdot p + \sigma_z \cdot p)} \leq \sigma_T, \quad (7)$$

где σ_T – напряжения, соответствующие началу пластических деформаций, а под напряжениями в левой части (7) следует понимать их максимальные суммарные значения.

Выводы. На основании ранее известных [1] и полученных авторами статьи теоретических результатов представлены методы расчета напряженного состояния металлоконструкций трубопроводного транспорта на примере заглубленных трубопроводов при их бескомпенсаторной прокладке и открытых трубопроводов с включением П образных компенсаторов.

Л и т е р а т у р а

1. Солодовник М.Д. Контактное взаимодействие упругих плит, накладок и включений с линейно-деформируемой средой // Статические и динамические смешанные задачи теории упругости – Изд-во. РГУ. – 1983. С. 76-87.
2. Имитационное моделирование фрикционных автоколебаний триботехнической системы "колесо-тормозная колодка-рычажный механизм" / В.В. Малахова // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – 2021. – № 11(53). – С. 81-84. – EDN ZPHVPS.
3. Гашение боковых колебаний подвижного состава шахтной подвесной монорельсовой дороги / В. О. Гутаревич, К. А. Рябко, Е. В. Рябко // Пути совершенствования технологических процессов и оборудования промышленного производства : сборник тезисов докладов VI международной научно-технической конференции, Алчевск, 14-15 октября 2021 года. – Алчевск: Донбасский государственный технический институт, 2021. – С. 172-174. – EDN SCZBSR.
4. Разработка инструментальных средств поддержки экспериментальных исследований спектрального состава шумов, создаваемых подвижным составом железнодорожного транспорта / Г. И. Нечаев, В. В. Малахова // Вестник Луганского

государственного университета имени Владимира Даля. – 2021. – № 6(48). – С. 142-146. – EDN FFMDFG.

5. Повышение долговечности крышек цилиндров тепловозных дизелей / К. А. Рябко, Е. В. Рябко // Известия Транссиба. – 2016. – № 4(28). – С. 30-37. – EDN VXHXTJ.

Malakhov O.V., Afanasiev A.A.

ASSESSMENT OF THE STRESS STATE OF PIPELINE TRANSPORT ELEMENTS IN AREAS OF MECHANICAL STRESS CONCENTRATION

The article considers the issues of assessing the stress state of elements of metal structures of pipeline transport under the influence of operational loads.

The refined mathematical dependences of the stress state assessment in those places of metal structures of vehicles where the stress in their material significantly exceeds the average operating loads are proposed.

Key words: transport, pipeline, stress state of metal, deformation.

Малахов Олег Владимирович, доцент кафедры автоматизации и компьютерно-интегрированных технологий ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля»
E-mail: oleg_home1@mail.ru

Malakhov Oleg, Associate Professor of the Department of Automation and Computer-Integrated Technologies of the SEE HT LPR «Luhansk Vladimir Dahl State University».

Афанасьев Александр Александрович, студент кафедры «Электроэнергетика» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля»
E-mail: al32@mail.ru

Afanasyev Alexander Alexandrovich, student of the Department of "Electric Power Engineering" of the SEE HT LPR «Luhansk Vladimir Dahl State University».

Рецензент: Яковенко Валерий Владимирович, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Электромеханика», ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 22.11.2022

УДК 629.4.02

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ВНЕШНИХ ВИБРАЦИОННЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ НА РАБОЧИЕ ЭЛЕМЕНТЫ УЗЛА ТРЕНИЯ

Малахова В.В.

EXPERIMENTAL STUDIES OF THE INFLUENCE OF EXTERNAL VIBRATION DISTURBANCES ON THE WORKING ELEMENTS OF THE FRICTION UNIT

Malakhova V.V.

Статья посвящена актуальной теме экспериментального исследования влияния внешних вибрационных возмущений на рабочие элементы узла трения. Применением однофакторного дисперсионного анализа результатов экспериментального исследования подтверждается гипотеза о наличии влияния периодических импульсных силовых воздействий на элементы трения в нормальном направлении относительно плоскости их взаимодействия на величину силы трения в паре тел, находящихся во фрикционном взаимодействии.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, сцепные свойства колес локомотива, контурная площадь контакта.

Введение. Одной из важнейших задач, стоящих перед железнодорожным транспортом, является дальнейшее повышение провозной и пропускной способности железных дорог и несомненное выполнение плана перевозок важнейших народнохозяйственных грузов [1].

Сцепные возможности колес локомотива с рельсами имеют существенное значение при определении тяговых и тормозных характеристик подвижного состава железных дорог. Согласно молекулярно-механическим представлениям о внешнем трении [2], получившим наибольшее распространение и признание в настоящее время, характеристики трения взаимодействующих твердых тел обусловлены напряженным состоянием области контакта и физико-химическими свойствами контактирующих поверхностей.

Постановка задачи. Целью экспериментального исследования является установление факта наличия влияния импульсных силовых воздействий на элементы трения в нормальном направлении относительно плоскости их взаимодействия на величину силы трения в исследуемой фрикционной паре тел.

Изложение основного материала. Для подтверждения либо опровержения гипотезы о наличии влияния периодических импульсных силовых воздействий на элементы трения в нормальном направлении относительно плоскости их взаимодействия на величину силы трения в паре тел, находящихся во фрикционном взаимодействии,

производим однофакторный дисперсионный анализ результатов следующего экспериментального исследования.

Факторный признак – наличие либо отсутствие динамической составляющей в силе прижатия пары тел, находящихся во фрикционном взаимодействии.

Результативный признак – величина силы трения.

Эксперимент производим с использованием машины трения, описанной в [3]. План проведения эксперимента:

1. Подторможенный колодкой диск раскручивается электродвигателем до достижения установившегося режима вращения с частотой 150 об/мин. Статическое нормальное нагружение элементов узла трения $N_0 = 2$ Н. Производим первую серию из 12 наблюдений, фиксируем текущие значения напряжения на электродвигателе $U_{\omega 1.i}$ (В).

2. Включаем магнитодинамический привод. К статическому нагружению элементов узла трения $N_0 = 2$ Н добавляется динамическая составляющая $N_{дин}$ (Н) с относительно небольшой, в сравнении с N_0 , амплитудой $A_0 = 0,1$ Н и частотой $f = 80$ рад/с. Производим вторую серию из 12 наблюдений, фиксируем текущие значения напряжения на электродвигателе $U_{\omega 2.i}$ (В).

Результаты измерения представлены в табл. 1.

Подставляя значения U_{ω} из таблицы 1 в выражение (1) [4], производим расчет величины силы трения F_{fr} для каждого наблюдения.

$$F_{fr} = 0,325834 \cdot U_{\omega} - 0,54 \text{ (Н)} \quad (1)$$

Выполняем расчет для первой серии наблюдений ($N_0 = 2$ Н; $N_{дин} = 0$):

$$F_{fr 1.1} = 0,325834 \cdot U_{\omega 1.1} - 0,54 = 0,41143528 \text{ Н;}$$

$$F_{fr 1.2} = 0,325834 \cdot U_{\omega 1.2} - 0,54 = 0,42446864 \text{ Н;}$$

$$F_{fr 1.3} = 0,325834 \cdot U_{\omega 1.3} - 0,54 = 0,437502 \text{ Н;}$$

$$F_{fr 1.4} = 0,325834 \cdot U_{\omega 1.4} - 0,54 = 0,42446864 \text{ Н;}$$

$$F_{fr 1.5} = 0,325834 \cdot U_{\omega 1.5} - 0,54 = 0,41143528 \text{ Н;}$$

$$F_{fr 1.6} = 0,325834 \cdot U_{\omega 1.6} - 0,54 = 0,4212103 \text{ Н;}$$

$$F_{fr 1.7} = 0,325834 \cdot U_{\omega 1.7} - 0,54 = 0,41795196 \text{ Н;}$$

$$F_{fr 1.8} = 0,325834 \cdot U_{\omega 1.8} - 0,54 = 0,4212103 \text{ Н;}$$

$$F_{fr 1.9} = 0,325834 \cdot U_{\omega 1.9} - 0,54 = 0,42772698 \text{ Н;}$$

$$F_{fr 1.10} = 0,325834 \cdot U_{\omega 1.10} - 0,54 = 0,4212103 \text{ Н;}$$

$$F_{fr\ 1.11} = 0,325834 \cdot U_{\omega\ 1.11} - 0,54 \\ = 0,42772698 \text{ Н};$$

$$F_{fr\ 1.12} = 0,325834 \cdot U_{\omega\ 1.12} - 0,54 \\ = 0,41143528 \text{ Н}.$$

Таблица 1

Результаты двух серий измерения U_{ω}

Условия проведения эксперимента	Измеряемая величинат U_{ω} , В	Количество наблюдений f , б/р
1. Статическое нагружение $N_0 = 2$ Н; динамическая составляющая $N_{\text{дин}} = 0$.	2,92; 2,96; 3,00; 2,96; 2,92; 2,95; 2,94; 2,95; 2,97; 2,95; 2,97; 2,92.	12
2. Статическое нагружение $N_0 = 2$ Н; динамическая составляющая ($A_0 = 0,1$ Н; $F = 80$ рад/с).	3,03; 2,99; 2,96; 3,04; 3,03; 2,94; 3,01; 3,03; 2,99; 3,05; 2,99; 2,97.	12

Групповое среднее значение силы трения:

$$\overline{F_{fr\ 1}} = \frac{\sum_{i=1}^j F_{fr\ 1.i}}{j} = 0,421482 \text{ Н}.$$

Выполняем расчет для второй серии наблюдений ($N_0 = 2$ Н; $N_{\text{дин}} > 0$):

$$\begin{aligned} F_{fr\ 2.1} &= 0,325834 \cdot U_{\omega\ 2.1} - 0,54 = 0,44727702 \text{ Н}; \\ F_{fr\ 2.2} &= 0,325834 \cdot U_{\omega\ 2.2} - 0,54 = 0,43424366 \text{ Н}; \\ F_{fr\ 2.3} &= 0,325834 \cdot U_{\omega\ 2.3} - 0,54 = 0,42446864 \text{ Н}; \\ F_{fr\ 2.4} &= 0,325834 \cdot U_{\omega\ 2.4} - 0,54 = 0,45053536 \text{ Н}; \\ F_{fr\ 2.5} &= 0,325834 \cdot U_{\omega\ 2.5} - 0,54 = 0,44727702 \text{ Н}; \\ F_{fr\ 2.6} &= 0,325834 \cdot U_{\omega\ 2.6} - 0,54 = 0,41795196 \text{ Н}; \\ F_{fr\ 2.7} &= 0,325834 \cdot U_{\omega\ 2.7} - 0,54 = 0,44076034 \text{ Н}; \\ F_{fr\ 2.8} &= 0,325834 \cdot U_{\omega\ 2.8} - 0,54 = 0,44727702 \text{ Н}; \\ F_{fr\ 2.9} &= 0,325834 \cdot U_{\omega\ 2.9} - 0,54 = 0,43424366 \text{ Н}; \\ F_{fr\ 2.10} &= 0,325834 \cdot U_{\omega\ 2.10} - 0,54 = 0,4537937 \text{ Н}; \end{aligned}$$

$$F_{fr\ 2.11} = 0,325834 \cdot U_{\omega\ 2.11} - 0,54 \\ = 0,43424366 \text{ Н};$$

$$F_{fr\ 2.12} = 0,325834 \cdot U_{\omega\ 2.12} - 0,54 \\ = 0,42772698 \text{ Н}.$$

Групповое среднее значение силы трения:

$$\overline{F_{fr\ 2}} = \frac{\sum_{i=1}^j F_{fr\ 2.i}}{j} = 0,438317 \text{ Н}.$$

Результаты заносим в табл. 2.

Графики распределения результатов наблюдений $F_{fr\ 1.i}$ и $F_{fr\ 2.i}$ приведены на рис. 1.

Визуальная оценка полученных диаграмм не позволяет однозначно судить о наличии либо отсутствии существенной связи между импульсным силовым воздействием на элементы трения и величиной силы трения. Воспользуемся возможностями статистического метода однофакторного дисперсионного анализа.

Таблица 2

Результаты двух серий измерения F_{fr}

Порядковый номер наблюдения i , б/р	Первая серия наблюдений $N_0 = 2$ Н; $N_{\text{дин}} = 0$		Вторая серия наблюдений $N_0 = 2$ Н; $N_{\text{дин}} > 0$	
	$U_{\omega\ 1.i}$, В	$F_{fr\ 1.i}$, Н	$U_{\omega\ 2.i}$, В	$F_{fr\ 2.i}$, Н
1	2,92	0,41143528	3,03	0,44727702
2	2,96	0,42446864	2,99	0,43424366
3	3,00	0,43750200	2,96	0,42446864
4	2,96	0,42446864	3,04	0,45053536
5	2,92	0,41143528	3,03	0,44727702
6	2,95	0,42121030	2,94	0,41795196
7	2,94	0,41795196	3,01	0,44076034
8	2,95	0,42121030	3,03	0,44727702
9	2,97	0,42772698	2,99	0,43424366
10	2,95	0,42121030	3,05	0,45379370
11	2,97	0,42772698	2,99	0,43424366
12	2,92	0,41143528	2,97	0,42772698
Групповое среднее, Н		0,42148200	-	0,43831700

Обозначим p , количество уровней фактора ($p=2$). Число измерений на каждом уровне одинаково и равно $q=12$.

Находим общее среднее для двух групп наблюдений:

$$\overline{F_{fr}} = \frac{\overline{F_{fr\ 1}} + \overline{F_{fr\ 2}}}{2} = 0,4298995 \text{ Н}.$$

Разброс групповых средних величин силы трения $\overline{F_{fr\ 1}}$ и $\overline{F_{fr\ 2}}$ зависит как от изменения уровня

рассматриваемого факторного признака, динамической составляющей в силе прижатия пары тел, находящихся во фрикционном взаимодействии, так и от случайных сторонних факторов, не связанных с прилагаемым динамическим воздействием [7].

Находим квадраты значений результатов наблюдения, заносим в табл. 3.

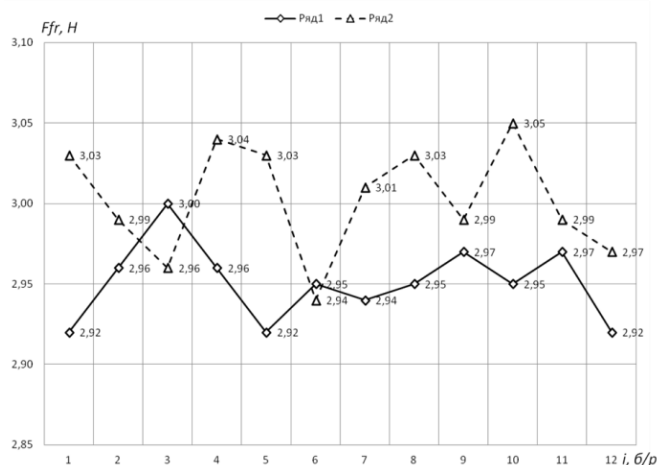


Рис. 1. Распределение результатов наблюдений $F_{fr\ 1.i}$ и $F_{fr\ 2.i}$

Таблица 3

Квадраты значений для двух серий измерения F_{fr}

Порядковый номер наблюдения $i, б/р$	Первая серия наблюдений $N_0 = 2\ Н; N_{дин} = 0$		Вторая серия наблюдений $N_0 = 2\ Н; N_{дин} > 0$	
	$F_{fr\ 1.i}, Н$	$F_{fr\ 1.i}^2, Н^2$	$F_{fr\ 2.i}, Н$	$F_{fr\ 2.i}^2, Н^2$
1	0,41143528	0,18017362634345	0,44727702	0,20005673262008
2	0,42446864	0,16927898962868	0,43424366	0,18856755625020
3	0,43750200	0,17741811682609	0,42446864	0,18017362634345
4	0,42446864	0,17468384086784	0,45053536	0,20298211061033
5	0,41143528	0,17741811682609	0,44727702	0,20005673262008
6	0,42121030	0,18295036941992	0,41795196	0,17468384086784
7	0,41795196	0,17741811682609	0,44076034	0,19426967731692
8	0,42121030	0,18295036941992	0,44727702	0,20005673262008
9	0,42772698	0,16927898962868	0,43424366	0,18856755625020
10	0,42121030	0,18017362634345	0,45379370	0,20592872215969
11	0,42772698	0,16927898962868	0,43424366	0,18856755625020
12	0,41143528	0,17741811682609	0,42772698	0,18295036941992
Сумма квадратов, $Н^2$		2,13243115176289	-	2,30686121332897

На основании данных таблицы 3 находим общую сумму квадратов отклонений, характеризующую общую изменчивость в опыте:

$$CKO = \sum_{j=1}^p \sum_{i=1}^q F_{fr\ j.i}^2 - \overline{F_{fr}}^2 = 0,00376644268586\ Н^2.$$

Определяем сумму квадратов отклонений для вариантов, характеризующую изменчивость между вариантами:

$$CKV = q \cdot \sum_{j=1}^p \overline{F_{fr\ j}}^2 - \overline{F_{fr}}^2 = 0,00170050335\ Н^2.$$

Рассчитываем сумму квадратов отклонений для случайного варьирования, характеризующую влияние случайных факторов (ошибку опыта):

$$CKE = CKO - CKV = 0,00206593933586\ Н^2.$$

Определяем величину факторной дисперсии (дисперсии вариантов):

$$S_V^2 = \frac{CKV}{p-1} = \frac{0,00170050335}{2-1} = 0,00170050335\ Н^2.$$

Рассчитываем величину остаточной дисперсии (дисперсии ошибок опыта):

$$S_E^2 = \frac{CKE}{p \cdot (v-1)} = 9,39 \cdot 10^{-5}.$$

Средние значения силы трения в первой серии наблюдений $\overline{F_{fr\ 1}}$ и во второй серии наблюдений $\overline{F_{fr\ 2}}$ (см. табл. 2) не равны между собой

$$(\overline{F_{fr\ 1}} = 0,421482) \neq (\overline{F_{fr\ 2}} = 0,438317),$$

следовательно, нулевая гипотеза об отсутствии влияния периодических импульсных силовых воздействий на элементы трения в нормальном направлении относительно плоскости их взаимодействия на величину силы трения в паре тел, находящихся во фрикционном взаимодействии, не может быть принята, но и нет оснований для того, чтобы она была отвергнута.

Дальнейшую проверку истинности нулевой гипотезы производим по критерию Фишера. Определяем число степеней свободы в рамках проведенного эксперимента.

Число степеней свободы для расчета межгрупповой дисперсии:

$$d.f_1 = p - 1 = 2 - 1 = 1\ (б/р).$$

Число степеней свободы для расчета внутригрупповой дисперсии:

$$d.f_2 = p \cdot (v - 1) = 2 \cdot (12 - 1) = 22 \text{ (б/р)}.$$

Оценку производим путем сравнения дисперсии вариантов с дисперсией случайной ошибки по критерию Фишера [5,6].

Дисперсионное отношение определяется выражением:

$$F_{\text{Набл.}} = \frac{S_V^2}{S_E^2} = \frac{0,00170050335}{9,39 \cdot 10^{-5}} = 18,09 \text{ (б/р)}.$$

При вероятности 0,95 и числе степеней свободы $d.f_1 = 1$; $d.f_2 = 22$ табличное значение критерия Фишера:

$$F_{\text{кр.}} = F_{\text{РАСПОБР}}(0,05; 1,22) = 4,30095 \text{ (б/р)}.$$

Выводы. Сопоставление значений:

$$(F_{\text{Набл.}} = 18,09) > (F_{\text{кр.}} = 4,30095)$$

позволяет сделать вывод, что проведенный по критерию Фишера однофакторный дисперсионный анализ результатов наблюдений показал, что при вероятности 0,95 и числе степеней свободы $d.f_1 = 1$; $d.f_2 = 22$ можно утверждать, что гипотеза о существенном влиянии периодических импульсных силовых воздействий на элементы трения в нормальном направлении относительно плоскости их взаимодействия на величину силы трения верна.

Л и т е р а т у р а

1. Стратегия развития транспортного машиностроения Российской Федерации на период до 2030 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 17 августа 2017 г. № 1756-р.
2. Крагельский, И.В. Трение и износ / И. В. Крагельский; 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1968. – 480 с.
3. Regulation of the frictional characteristics disc brake / Y.I. Osenin, O.V. Malakhov, V.V. Malakhova, A.V. Chesnokov // the International Conference BALTTTRIB'2019, Vytautas Magnus University, Akademija, Kaunas, Lithuania, 14-16 November 2019.
4. Информационно-статистический подход в оценке техногенного состояния транспортных коммуникаций с высокой потенциальной опасностью / В. В. Дядичев, М. Ф. Смирный, М. Д. Солодовник, О. В. Малахов // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2004. – № 2. – С. 170-176. – EDN XKVNQV.

5. Оценивание координат сцинтилляций в детекторе гамма-камеры методом сплайн-аппроксимации / В. Ю. Плахотник, О. В. Малахов // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2013. – Т. 4. – № 5(64). – С. 15-19. – EDN QZFTGN.

6. Анализ характерных неисправностей и количественных показателей по отказам электрического оборудования электровоза ВЛ80т / К. А. Рябко, Е. В. Рябко, В. А. Пьянкин, А. В. Кочев // Сборник научных трудов Донецкого института железнодорожного транспорта. – 2018. – № 51. – С. 85-91. – EDN YUVGWT.

7. Влияние геометрических параметров кодирующей апертуры на формирование тенегранмы / А. А. Никуляк, О. В. Малахов, Д. О. Мельничук // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2011. – Т. 5. – № 9(53). – С. 54-58. – EDN QICRWT.

Malakhova V.V.

Experimental studies of the influence of external vibration disturbances on the working elements of the friction unit

The article is devoted to the topical topic of experimental investigation of the influence of external vibration disturbances on the working elements of the friction unit. The use of one-factor analysis of the results of the experimental study confirms the hypothesis that there is an influence of periodic pulsed force effects on the friction elements in the normal direction relative to the plane of their interaction on the magnitude of the friction force in a pair of bodies in frictional interaction.

Key words: Railway transport, coupling properties of locomotive wheels, contour contact area.

Малахова Виктория Владимировна, доцент кафедры транспортных технологий ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

Malakhova Victoria Vladimirovna, Associate Professor of the Department of Transport Technologies of the SEE HT LPR «Luhansk Vladimir Dahl State University».

Рецензент: Захарчук Александр Сидорович, д-р техн. наук, профессор кафедры «Электроэнергетика», ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 21.11.2022

УДК 621.1.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПОДАЧИ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА К УСТАНОВКАМ ДЛЯ ГАЗИФИКАЦИИ

Нечаев Г.И., Чижевская Д.Ю., Никитин Ю.Н.

IMPROVING THE EFFICIENCY OF OPERATION OF THE DEVICE FOR SUPPLYING SOLID FUEL TO GASIFICATION PLANTS

Nechayev G., Chizhevskaya D., Nikitin Yu.

В статье рассматривается вопрос о возможности использования pelletного топлива полученного из отходов древесины для газификации автотранспортных средств. На основании анализа литературных источников рассмотрены методы повышения механических свойств pelletного топлива и определены причины истирания pelletного топлива. Экспериментально определен состав исходного сырья pelletного топлива и его топливные характеристики. Предложен метод повышения механических свойств pelletного топлива. Установлено негативное влияние мелких частиц, образовавшихся при истирании pelletного топлива, на эффективность работы газогенераторной установки и методы устранения этого влияния. Усовершенствован питатель газогенератора за счет применения системы загрузки pelletного топлива.

Ключевые слова: отходы древесины, pelletное топливо, механические свойства, истираемость, газогенераторный питатель, газификация, автотранспортные средства.

Введение. Основу ресурсной базы отходов древесной и растительной биомассы (составляющей около 145 и 80 млн т условного топлива для энергетического использования в России составляют лесозабыточные районы, где идет интенсивная заготовка и переработка древесины, а также сельское хозяйство. В этих районах использование газогенераторных установок малой мощности (1–200 кВт) и газогенераторного транспорта будет наиболее экономически целесообразным [1, 2].

Использование газообразных моторных топлив в ДВС в том числе полученных газификацией pelletного топлива имеет ряд преимуществ перед жидкими моторными топливами [3]: снижение детонации; повышение моторесурса ДВС; полное окисление топлива в ДВС; уменьшение токсичности ОГ ДВС; доступность сырья для получения топлива на всей обжитой территории Земли.

Для России и всего мира использование биотоплива в качестве энергоносителя является актуальной и перспективной задачей [4]. Биотопливо и в частности pelletты является альтернативой природному органическому топливу. Основным преимуществом биологического топлива, к которым относятся pelletты является то, что имея

соизмеримую с органическим топливом теплоту сгорания, оно может постоянно возобновляться [5].

Основными недостатками pelletт являются: недостаточная механическая прочность [6, 7]; большая эмиссия разных мелкодисперсных твердых частиц в атмосферу [8]; гигроскопичность (разбухание при воздействии влаги) [9].

В связи, с чем актуальным является развитие технологий использования местных и возобновляемых источников энергии, повышение эффективности газогенераторных установок, в том числе для автомобильного транспорта [10, 11], использующих для газификации pelletтное топливо с целью минимизации влияния недостатков pelletного топлива на процесс его транспортировки в реакционную зону газогенератора и газификации.

Целью исследования является усовершенствование питателя газогенератора автотранспортных средств газифицирующего pelletтное топливо позволяющее уменьшить, габариты установки, регулировать подачу pelletного топлива из бункера-ворошителя, снизить энергозатраты устройства, повысить ресурс работы устройства и эффективность процесса газификации pelletного топлива.

Метод решения. Механическая прочность pelletт характеризуется таким комплексом показателей, как пределы прочности при сжатии, устойчивость к истиранию при вибрации и истираемость pelletт [12]

Предел прочности при сжатии pelletт возможно выполнять согласно ГОСТ 21560.2-82. «Удобрения минеральные. Метод определения статической прочности гранул» или на универсальном приборе для определения прочности гранул на сжатие в соответствии со стандартами: ASTM D4179, ASTM D6175, D7084 И SHELL метод SMS 1471. Оборудование состоит из автоматизированного пресса, управляемого шаговым двигателем, и высокоточного силового датчика, контролирующего сам пресс [13].

Исследования влияния вибрации на устойчивость pelletт к истиранию выполняют с использованием специальной просеивающей машины (HAVER EML 200 digital plus), которая

представляет собой комплект сит с размерами ячеек 5 мм, 3 мм, 2 мм, 1 мм, 0,5 мм, 0,25 мм, закрепленных на вибрационном корпусе [14].

Сущность метода определения механической прочности (истирание пеллет). Согласно ГОСТ 34090.1 - 2017 «Биотопливо твердое. Определение механической прочности пеллет и брикетов. Часть 1». Пеллеты. Испытательный образец подвергают контролируемому удару путем столкновения пеллет

друг с другом и со стенками специальной вращающейся камеры. Прочность рассчитывают исходя из массы образца, оставшегося после истирания и отделения тонких сломанных частиц.

На предел прочности при сжатии пеллет значительное влияние оказывают параметры процесса их получения – давление и температура прессования (рис. 1, 2) [6].

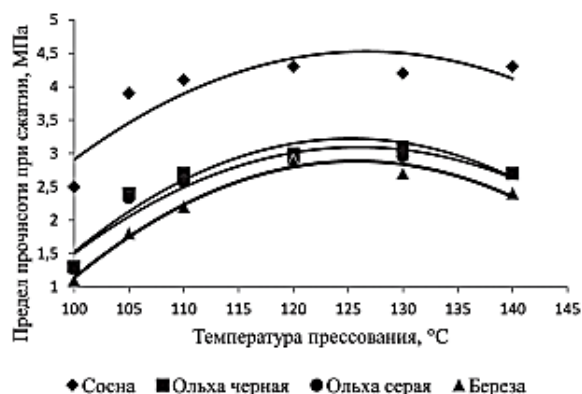


Рис. 1. Влияние температуры прессования на предел прочности при сжатии пеллет

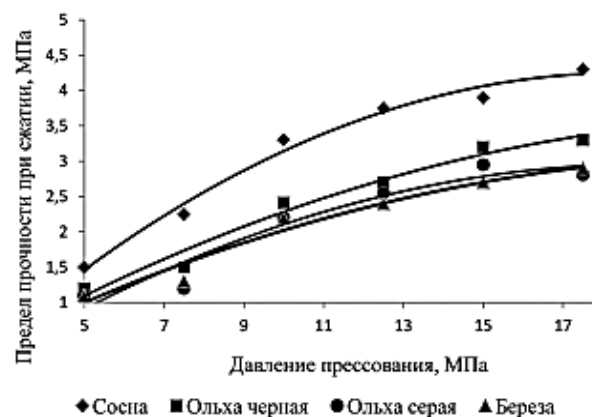


Рис. 2. Влияние давления прессования на предел прочности при сжатии пеллет

Повышение температуры прессования от 100 до 125°C приводит к существенному увеличению прочности (рис. 1), а увеличение давления прессования от 5 до 15 МПа закономерно приводит к увеличению прочности при сжатии пеллет от 1,1 до 4,3 МПа особенно пеллет изготовленных отходов древесины сосны (рис. 2). В связи, с чем возникает необходимость определить причины таких высоких показателей пеллет изготовленных из сосны.

Выполнен анализ состава исходного сырья, используемого для получения топливных пеллет, по следующим основным компонентам: целлюлоза лигнин и экстрактивные вещества (табл. 1).

Таблица 1

Средние структурные и непосредственные результаты образцов, (%)

Компонент	Сосна	Дуб	Ольха
Голоцеллюлоза	62,8	68,6	74,6
Лигнин	28,1	23,7	21,5
Экстрагированные вещества	9,1	7,7	3,9

Топливные пеллеты содержат в своем составе достаточно большое количество лигнина и целлюлозы (табл. 1), что объясняет высокие значения высшей и низшей теплоты сгорания. Как видно в топливных пеллетах изготовленных из отходов древесины сосны лигнина больше, чем у пеллет изготовленных из отходов лиственной древесины (21,5 и 28,1 % соответственно). Очевидно, именно этим объясняется пониженная теплота сгорания пеллетного топлива, полученного из отходов древесины лиственных пород (табл. 2).

Испытания выполнены согласно ГОСТ Р 54185-2010, ГОСТ Р 54186-2010, ЕН 14775.

Таблица 2

Топливные характеристики древесных гранул

Показатель	Вид сырья получения топливных гранул		
	Сосна	Ольха	Дуб
Рабочее топливо			
Влажность, %	6,6	7,3	3,9
Зольность, %	0,3	0,8	1,2
Высшая теплота сгорания, МДж/кг	19,79	18,90	19,80
Низшая теплота сгорания, МДж/кг	18,39	17,49	18,43
Сухое топливо			
Зольность, %	0,3	0,9	1,2
Высшая теплота сгорания, МДж/кг	21,20	20,40	20,60

Экстрагируемые вещества представляют собой сложную смесь низкомолекулярных сахаров, инозитолов, фенолов, терпенов, эфирных масел, смол, восков и других веществ. Этот показатель у топливных пеллет из отходов сосны наибольший. Содержание этих веществ может изменяться в зависимости от того, в каких условиях произрастает растение и поэтому состав пеллет тоже будет изменяться [15].

Из таблицы 1 можно сделать вывод о том, что наиболее благоприятным сырьем для производства пеллет являются отходы древесины сосны, так как обладают мягкостью и большим содержанием лигнина. Лигнин в процессе гранулирования играет роль «клея», который связывает мелкие частицы

отходов древесины в произведенных топливных пеллетах и чем его больше, тем выше их механическая прочность.

Истираемость пеллетного топлива происходит на всех этапах их транспортировки: при загрузке в упаковку или в автозаправщик – автосилос; при транспортировке к месту назначения; при разгрузке в пеллетный бункер склада, бункер отопительных котлов или газогенератора; при транспортировке различными видами транспортных средств в зону сжигания или газификации. Наибольшее истирание происходит при транспортировке пеллетного топлива к месту назначения, особенно на дальние расстояния, вследствие их встряхивания и вибрации из-за неровности дорожного полотна и других транспортных условий, что приводит к ухудшению свойств как топлива – снижению энергоэффективности [6, 7], забиванию транспортной системы газа (трубопровода, фильтров) [16]. Наличие древесной пыли более 1% приводит к забиванию шнека и патрубка пеллетной горелки. Если наличие древесной пыли превышает 3% то перед загрузкой в бункер пеллетной горелки всю массу пеллет необходимо просеивать [17].

Предел прочности на сжатие пеллет (рис. 1, 2) существенно влияет на их истираемость при вибрации. Исследования влияния вибрации на устойчивость пеллет к истиранию представлены в работе [6] (рис. 3). Установлено, что наиболее устойчиво к вибрации пеллетное топливо, полученное из отходов древесины сосны - доля пылевидной фракции составила 6,4 %. При этом для пеллет, полученных из березы, ольхи черной и ольхи серой – 13,6, 9,5 и 10,0 % соответственно. Авторы для повышения предела прочности при сжатии пеллетного топлива 4,0–4,5 МПа предлагают состав древесины сосны 15–35 %, березы 20–40 % и ольхи от 30–65 %.

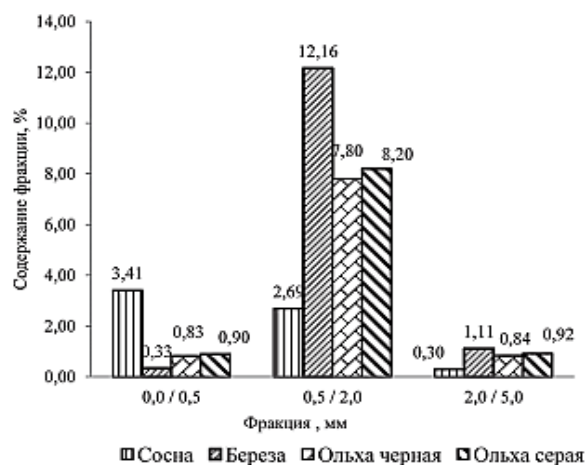


Рис. 3. Устойчивость пеллетного топлива к вибрации

В отличие от предложенного состава пеллетного топлива в работе [6] для повышения их механических свойств автором работы предложено применение комбинирования растительной

биомассы (отходов сельского хозяйства с низкой температурой плавления золы) и древесных отходов (с высокой температурой плавления золы) для изготовления пеллетного топлива [18].

Для повышения механических свойств пеллетного топлива используют в качестве связующего альбумин, казеин и крахмал [18].

Для повышения механических свойств пеллетного топлива используемого для получения генераторного газа предлагается в качестве связующего использовать полиэтилен. Проверку механической прочности пеллетного топлива осуществляли согласно ГОСТ 34090.1 - 2017 «Биотопливо твердое. Определение механической прочности пеллет и брикетов. Часть 1». Результаты испытания представлены на рисунке 4. Установлено, что оптимальный диаметр пеллет для автомобильного газогенератора – 6 мм [19]. Где: Д – древесные пеллеты полученные из отходов древесины сосны; П – содержанием полиэтилена 10%. Добавка полиэтилена повышают механическую прочность древесных пеллет примерно на 2%.

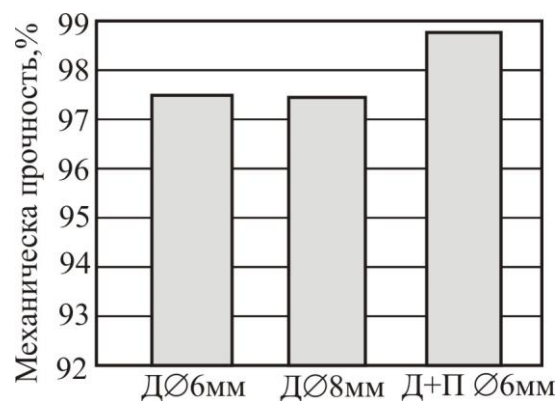


Рис. 4. Механическая прочность пеллет

Истираемость негативно влияет на эффективность работы газогенераторной установки ввиду повышенного образования мелкой фракции при транспортировке шнеком, а низкая плотность требует увеличения бункера, что негативно влияет на пробег автомобиля на одной заправке. Кроме того, высокое содержание мелкой фракции в топливе приводит к снижению КПД газогенератора и осложняет применение систем автоматического золоудаления и регулирования температуры в камере газификации, а также как показали эксперименты приводит к ускоренному износу камеры газификации, чем при использовании пеллетного топлива из отходов древесины, зольность которой составляет 0,7 %. Низкая температура золы приводит к образованию корки на поверхности камеры газификации пеллетной горелки.

Для устранения этого недостатка необходимо снизить температурный режим газогенератора, что приведёт к снижению КПД газогенераторной

установки. Другой способ устранения этого недостатка применение ножей, расположенных в камере газификации под определенным углом и срезающих шлаковую корку, что усложняет конструкцию пеллетной горелки и ведёт к



Рис. 5. Пеллетная горелка Гордина А.Б.

Не смотря на различные методы увеличения механической прочности пеллетного топлива при различных воздействиях внешней среды тем не менее происходит процесс истирания, поэтому необходимо применять методы, нивелирующие этот процесс.

Метод, предложенный при создании устройства для подачи твердого топлива к установкам для газификации которое базируется на устройстве, представленном в работе [22] позволяет в большой мере решить эту проблему и попутно повысить эффективность устройства.

Недостатком устройства [22] является то, что при ручной загрузке и при транспортировке пеллетного топлива шнеком-ворошителем часть пеллет разрушаются, образуя мелкие частицы топлива. Мелкие частицы топлива, перемещаясь из бункера-ворошителя в корпус, содержащий осевой сплошной шнек с переменным шагом винтовой линии, попадают в зазор между краями шнека и корпуса, что приводит к преждевременному износу шнека, а иногда – к его заклиниванию. Наличие мелких частиц в пеллетном топливе ухудшает процесс газификации. Устройство не приспособлено для автоматической загрузки пеллетным топливом.

Усовершенствование питателя газогенератора осуществлено путем того, что в боковой части бункера-ворошителя со стороны привода расположен входной патрубок с крышкой, а в нижней части корпуса, содержащего осевой сплошной шнек с переменным шагом винтовой линии, со стороны входного отверстия расположен выходной патрубок с установленной в нем решеткой с размером ячейки 5×5 мм и крышкой.

Питатель газогенератора функционирует следующим образом. Перед загрузкой корпуса цилиндрического горизонтального бункера-ворошителя 1 откручивают крышка 2 входного патрубка 3 при этом крышка 4 люка 5 расположенного в верхней части бункера-ворошителя закрыта (люк предназначен для ручной

увеличению ее стоимости. Известна камера сгорания (рис. 5 и 6), которую можно использовать для газификации, пеллетного котла использующая пеллетную горелку с безосевым шнеком [20, 21].

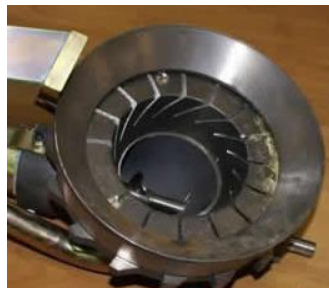


Рис. 6. Горелка ЕсоТес (Швеция)

загрузки пеллетного топлива в экстренных случаях) (рис. 7, а). От автозаправщика – автосилос к входному патрубку присоединяют резиновый 4-дюймовый шланг длиной до 25 м с внутренним тефлоновым покрытием для уменьшения истираемости пеллет. Затем открывают крышку 6 выходного патрубка 7, с установленной в нем сеткой 8 с размером ячейки 5×5 мм, и подключают второй шланг - для параллельной откачки воздуха с мелкими частицами топлива из бункера ворошителя. Во время заправки топливных пеллет мелкие частицы топлива отсасывается через сетку выходного патрубка в отдельный мешок. Водитель-оператор включает из кабины компрессор, управляемый с помощью дистанционного пульта управления и пеллеты вдуваются по шлангу в бункер-ворошитель. После заполнения бункера-ворошителя до определенного уровня (рис. 7, б) шланги отсоединяют и крышки герметично закрывают. От привода 9 вращается приводная звездочка 10, которая, у свою очередь, через цепную передачу вращает звездочку 11, а та, в свою очередь, через вал 12, закрепленный в подшипниковых узлах 13, вращает шнек-ворошитель с большим диаметром винта, к которому присоединены, под острым углом α , промежуточные ребра-лопасти 14, к которым прикреплены широкая спираль 15, и происходит ворошение и горизонтальная транспортировка пеллетного топлива к выгрузочному отверстию 16 на дне цилиндрического бункера-ворошителя. Угол β между валом 12 и спиралью 15 определен с учетом длины шнека-ворошителя (рис. 7, в). Из корпуса 17 пеллетное топливо без мелких частиц транспортируется к установке для сжигания осевым сплошным шнеком 18 переменного шага винтовой линии. Для обеспечения точного дозирования сплошной шнек переменного шага винтовой линии изготавливают таким образом, что в зоне загрузки он имеет шаг более мелкий, чем в основной транспортной зоне.

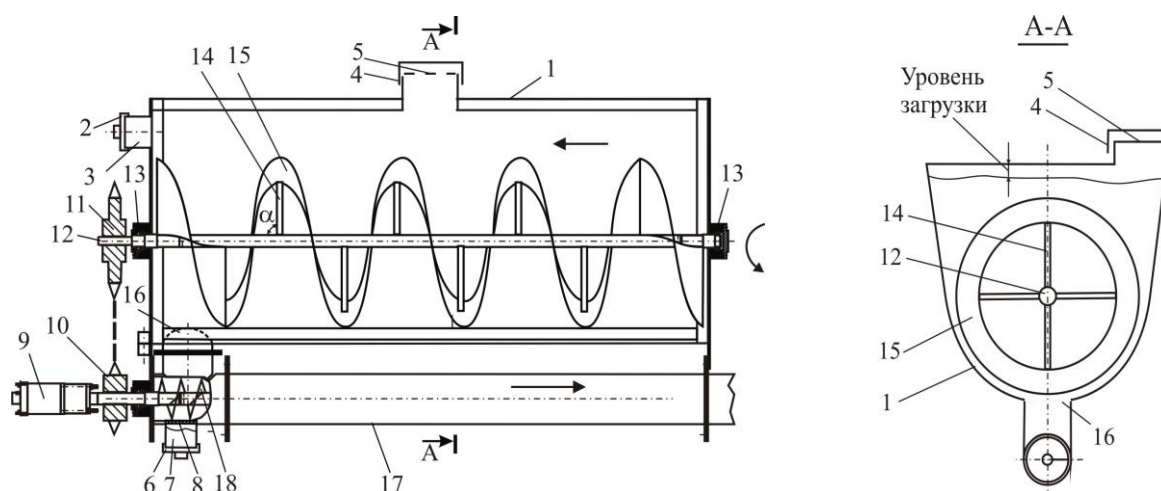


Рис. 7. Устройство для подачи твердого топлива к установкам для газификации

Вывод. 1. Представлены методы повышения механических свойств пеллетного топлива;

2. Определены причины истирания пеллетного топлива;

3. Выполнен анализ состава исходного сырья пеллетного топлива и его топливные характеристики;

4. Предложен метод повышения механических свойств пеллетного топлива

5. Определено негативное влияние мелких частиц, образовавшихся при истирании пеллетного топлива, на эффективность работы газогенераторной установки и методы устранения этого влияния;

6. Усовершенствован питатель газогенератора автотранспортных средств за счет системы загрузки пеллетного топлива, которая позволяет обеспечить автоматическую загрузку пеллетного топлива в бункер-ворошильщик, повысить надежность работы питателя и эффективность процесса газификации пеллетного топлива.

Л и т е р а т у р а

1. Солодовников Д. Н. Экономическая оценка использования биологически чистого топлива на транспорте / К. И. Мерзликина, Д. Н. Солодовников // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. – 2015. – Т. 1. – №. 1. – С. 70-73.

2. Самылин А., Яшин М. Современные конструкции газогенераторных установок: ЛесПромИнформ. – 2009. – №1 (59). – С. 78-85

3. Киприянов Ф.А., Зубакин А.С. Использование генераторного газа, как возобновляемого источника энергии в разрезе улучшения экологической ситуации: (В книге: Педагогика и психология, наука и образование: теоретико-методологические подходы и практические результаты исследований. Авакян И.Б., Бучилова И.А., Воронина Э.В. и др.. Монография. Под редакцией В.А. Куриной, О.А. Подкопаева. Самара, 2017. – С. 399-413. Куликов С.В. Использование перспективных видов топлива для автомобилей // Альтернативные источники

энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. 2016. Т. 2. – №. 2. – С. 379-385. DOI: 10.12737/17776.

4. Дремичева Е.С., Зверева Э.Р., Бурганова Ф.И., Зверев Л.О. Перспективы технологии совместного сжигания биомассы и угля на объектах энергетики // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2021. №1. – С. 119-130. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-tehnologii-sovmestnogo-szhiganiya-biomassy-i-uglya-na-obektah-energetiki>.

5. Назаров В.И., Макаренков Д.А., Мавлюдова Я.А. Комплексные теплофизические исследования топливных гранул на основе растительных и древесных отходов и техногенного сырья // Кокс и химия. 2018. № 6. – С. 43-48.

6. Сычева Н.А., Хмызов И.А., Соловьева Т.В. Влияние режима гранулирования и состава топливных пеллет на их прочностные свойства // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. 2016. №3. – С. 72-79. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-rezhima-granulirovaniya-i-sostava-toplivnyh-pellet-na-ih-prochnostnye-svoystva>.

7. Судакова, И. Г. Получение твёрдых биотоплив из растительных отходов (обзор) / И. Г. Судакова, Н. Б. Руденко // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Химия. – 2015. – Т. 8, № 4. – С. 499-513.

8. Передерий С. Больше пеллет – чище атмосфера. ЛесПромИнформ №2 (124)2017. – С. 133-137.

9. Антропов А.П. Новые технологии распределенной энергетики / А.П. Антропов, В.М. Батенин, В.М. Зайченко // Теплофизика высоких температур. – 2015. – Т. 53. – № 1. – С.111

10. Спиридонов В.Д., Милюкова А.В., Сиваков В.В. Пеллеты как альтернативный источник энергии для автомобиля альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования Том: 3Номер: 1 (4) Год 2016. – С. 48-52.

11. Фомин В. М., Апельинский Д. В. Анализ технологий переработки альтернативных источников энергии в моторное топливо // Известия МГТУ. 2014. №1 (19). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-tehnologiy-pererabotki-alternativnyh-istochnikov-energii-v-motornoe-toplivo>.

12. Сычева Н.А., Молчан А.В., Хмызов И.А., Стрельчик Е.М., Соловьева Т.В. Влияние фракционного состава древесной биомассы различных пород на показатели качества пеллет Актуальные проблемы развития лесного комплекса : материалы Международной научно-технической конференции / М-во обр. и науки РФ; Правительство Вологод. обл.; Департамент лесн. комплекса Вологод. обл.; Вологод. гос. ун-т. Вологда: ВоГУ, 2015. – С. 116-121.

13. Прочность на раздавливание. ASTM D4179, ASTM D6175, D7084 И SHELL метод SMS 1471. <http://www.vinci-technologies.ru/node/270>.

14. Зотова Е.В., Сафонов А.О. Анализ методик оценки физико-механических и тепловых характеристик древесных пеллет // Лесотехнический журнал. 2014. №1 (13). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-metodik-otsenki-fiziko-mekhanicheskikh-i-teplovyyh-harakteristik-drevesnyh-pellet>

15. Серков Б.Б. Тепловыделение при горении древесины / А.Б. Сивенков, Буй Динь Тхань, Р.М. Асеева // Лесной вестник. – 2003. – № 5(30). – С.74-79.

16. Золоудаление. <http://gazogenerator.com/toplivo-i-kotelnye-ustanovki/zoloudalenie/>.

17. GREEN PELLEТ. <https://green-pellet.ru/opilki-kak-chistyashhee-sredstvo.html>.

18. Микспеллеты и пеллеты из недревесного сырья / С. Передерий // ЛесПромИнформ 2017. №3 (125). – С.170-178.

19. Шевченко, Д.Ю. Направление работ по усовершенствованию газогенераторных установок для промышленного транспорта / Д.Ю. Шевченко // Вісник Східноукраїнського національного університету імені В. Даля. 2010. – Ч. 1, №9 (198). – С. 254-261.

20. Эксплуатация и техническое обслуживание Ecotec. https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.70a078bd-6320b76d-bba9ac44-74722d776562/https://www.manualslib.com/manual/1633871/Ecotec-A4.html A4.

21. Пеллетная горелка. Патент. <https://www.freepatent.ru/patents/2420689>.

22. Пат. 67440 Украина, МПК F23K 3/00 Пристрій для подачі твердого палива до установок для спалювання / Губачева Л.О., Андреев О.О., Шевченко Д.Ю.; заявник Губачева Л.О., патентовласник Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля; – № 201107909 ; заявл. 23.06.2011; опубл. 27.02.2012, Бюл. № 4.

Nechayev G., Chizhevskaya D., Nikitin Yu.
IMPROVING THE EFFICIENCY OF OPERATION OF THE DEVICE FOR SUPPLYING SOLID FUEL TO GASIFICATION PLANTS

The article discusses the possibility of using pellet fuel obtained from wood waste for the gasification of vehicles. Based on the analysis of literary sources, methods for improving the mechanical properties of pellet fuel are considered and the causes of abrasion of pellet fuel are determined. The composition of the feedstock of pellet fuel and its fuel characteristics have been experimentally determined. A method for improving the mechanical properties of pellet fuel is proposed. The negative impact of small parts formed during the abrasion of pellet fuel on the efficiency of the gas generator set and methods for eliminating this effect have been established. The gas generator feeder has been improved through the use of a pellet fuel loading system.

Key words: wood waste, pellet fuel, mechanical properties, abrasion, gas generator feeder, gasification, motor vehicles.

Нечаев Григорий Иванович, д.т.н., профессор кафедры транспортных технологий, Институт транспорта и логистики, ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».
E-mail: logistikatt@mail.ru

Nechayev Grigoriy, Doctor of Technical Sciences (Engineering), Professor of the «Transport Technologies» SEE HT LPR "Lugansk Vladimir Dahl State University".

Чижевская Дарья Юрьевна, старший преподаватель кафедры транспортных технологий, Институт транспорта и логистики, ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».
E-mail: shevchenkodu@mail.ru

Chizhevskaya Darya, Senior Lecturer of the «Transport Technologies» SEE HT LPR "Lugansk Vladimir Dahl State University".

Никитин Юрий Николаевич, к.т.н., доцент кафедры материаловедения, Институт технологий и инженерной механики, ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».
E-mail: shevchenkodu@mail.ru

Nikitin Yuri, Candidate of Technical Sciences (Engineering), Associate Professor of the «Materials science» SEE HT LPR "Lugansk Vladimir Dahl State University".

Рецензент: Тарарычкин Игорь Александрович, д.т.н., проф. зав. кафедрой транспортных технологий, ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 15.11.2022 г

УДК. 621.22, 612.173.3

О ВЛИЯНИИ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КРОВИ НА КИНЕМАТИКУ ТРАКТА «ЛЕВЫЙ ЖЕЛУДОЧЕК-АОРТАЛЬНЫЙ КЛАПАН-АОРТА» СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА

Сёмин Д.А., Левашов А.Н., Макарук В. В.

ON THE INFLUENCE OF BLOOD RHEOLOGICAL PROPERTIES ON THE KINEMATICS OF THE LEFT VENTRICLE-AORTAL VALVE-AORTA TRACT OF THE HUMAN CARDIOVASCULAR SYSTEM

Syomin D.A., Levashov A.N., Makaruk V.V.

Вязкость крови является важным фактором, определяющим местные характеристики кровотока, который проявляет поведение разжижения: вязкость экспоненциально уменьшается с увеличением скорости сдвига. Как гематокрит, так и вязкость плазмы влияют на вязкость крови. Свойство разжижения крови при сдвиге в основном связано с реологическими свойствами эритроцитов. В предыдущих публикациях [3,4] путем математического и физического моделирования исследовалась кинематика тракта «левый желудочек-аортальный клапан-аорта», авторами принято допущение о том, что вязкость крови не изменяется от скорости сдвига, т.е. исследования проводились на ньютоновской жидкости. В данной работе на математической модели выполнены исследования кинематики жидкости, реологический закон которой близок к свойствам крови, т.е. с неньютоновской моделью, предложенной Карро-Ясудой.

Ключевые слова: гемодинамика, ударный объем, левый желудочек, аортальный клапан, аорта, математическое моделирование, скорость сдвига, кинематика потока.

Введение. Вязкость крови зависит от содержащихся в ней нескольких типов клеток, таких как эритроциты, лейкоциты и тромбоциты. Вязкоупругие характеристики крови проявляются в зависимости от времени деформации в ответ на стресс, прежде всего за счет деформации вязкоупругой мембраны эритроцитов [10-12]. Напряжения сдвига крови также зависят от скорости сдвига и подвергается истончению сдвига, уменьшению вязкости с увеличением скорости сдвига, в первую очередь вызванному трансформацией в микроскопических структурах скопления эритроцитов [13-15]. Для моделирования зависимости вязкости от скорости сдвига были разработаны различные конститутивные модели крови [16, 17]. Некоторыми часто используемыми неньютоновскими моделями крови являются модели степенного закона, Кассона, Гершеля-Балкли и Карро-Ясуды [18, 19]. Модель степенного закона отображает линейную связь между вязкостью и

скоростью сдвига в логарифмическом масштабе, которая не наблюдается при экспериментальных измерениях вязкости крови [18]. В то время как модели Кассона и Гершеля-Балкли хорошо подходят для экспериментальных измерений вязкости при средних и высоких скоростях сдвига, они не могут точно отразить вязкость крови при более низких скоростях сдвига [19]. В работах [18, 20, 21] показано, что применение указанных моделей приводит к различиям в гемодинамических результатах, включая профили скорости и сдвиговые напряжения. Как показано в [23, 24] модель Карро-Ясуды [22] более точно соответствует экспериментально измеренной вязкости крови, чем другие приведенные неньютоновские модели. Вязкость как функция скорости сдвига, заданная моделью Карро-Ясуды, выглядит следующим образом (рис. 1).

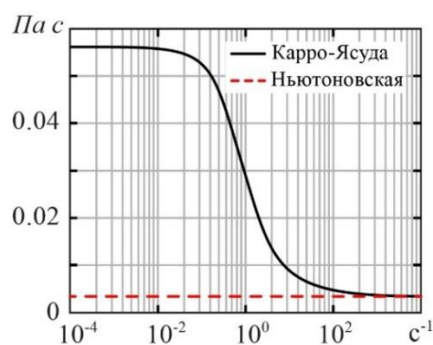


Рис 1. Вязкость определяемая ньютоновской и Карро-Ясуды моделями крови. Модель Карро-Ясуды показывает изменение вязкости в зависимости от скорости сдвига. Ньютоновская модель имеет постоянную вязкость при всех скоростях сдвига

Численное моделирование кинематики кровотока в тракте «левый желудочек-аортальный клапан-аорта» сердечно-сосудистой системы человека опубликованное ранее [3, 4] выполнено на основе ньютоновской модели крови. Хотя результаты моделирования показывают различия

между ньютоновскими и неньютоновскими моделями [3, 4], остается не ясным, являются ли эти различия значительными в биологическом контексте, например при определении ударного объема сердца кинематическими методами (доплер-эхокардиография).

Математическое моделирование пространственного течения в исследуемом тракте (см. рис. 2) осуществлено на основе уравнений неразрывности течения и динамики в напряжениях, [6], с учетом принятого реологического закона крови [22]:

$$\operatorname{div} \bar{V} = 0; \quad (1)$$

$$\rho \frac{d\bar{V}}{dt} = \rho \bar{F} + \operatorname{Div} \Pi. \quad (2)$$

где $\bar{V}$ – скорость, ρ – плотность жидкости, η – динамическая вязкость, $\bar{F}$ – главный вектор массовых сил, Π – тензор напряжений, определяемый в линейных ортогональных координатах (x, y, z) как:

$$\Pi = \begin{pmatrix} p_{xx} & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \tau_{yx} & p_{yy} & \tau_{yz} \\ \tau_{zx} & \tau_{zy} & p_{zz} \end{pmatrix},$$

где p, τ – нормальные и касательные составляющие тензора напряжений.

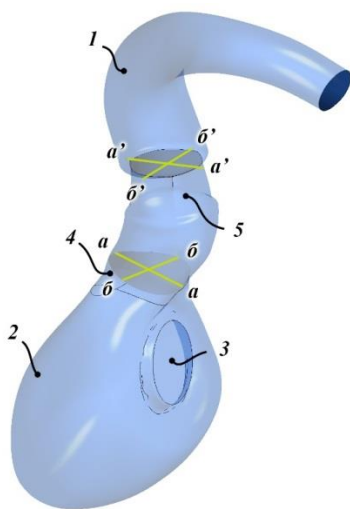


Рис. 2. Трехмерная модель проточной тракта «левый желудочек-аортальный клапан-аорта».

1 – аорта, 2 – левый желудочек, 3 – кольцо митрального клапана, 4 – выходной тракт левого желудочка (ВТЛЖ), 5 – аортальный клапан. $a-a'$ и $b-b'$ – два ортогональных направления в сечении ВТЛЖ, $a'-a'$ и $b'-b'$ – два соответствующих ортогональных направления на створках аортального клапана

Для модели крови, как неньютоновской жидкости, при определении компонент тензора напряжений, Карро и Ясуда предложена форма [22]:

$$\mu = \mu_{\infty} + \mu_0 - \mu_{\infty} \left(1 + \lambda \dot{\gamma}^{\alpha} \right)^{\frac{n-1}{\alpha}}, \quad (3)$$

где μ – динамическая вязкость, $\dot{\gamma}$ – скорость сдвига, μ_{∞} – вязкость при бесконечной скорости сдвига, μ_0 – вязкость при нулевой скорости сдвига, а λ , α и n – константы модели ($\lambda = 1,902c$, $\alpha = 1,25$, $n = 0,22$). Для крови $\mu_{\infty} = 0,00345$ Па с, плотность $\rho = 1060$ кг/м³.

Результаты численного моделирования кинематики тракта для ньютоновской и неньютоновской сред, выполненные в «OpenFOAM» – открытой интегрируемой платформе для численного моделирования задач механики сплошных сред, приведены ниже на рис. 3-6.

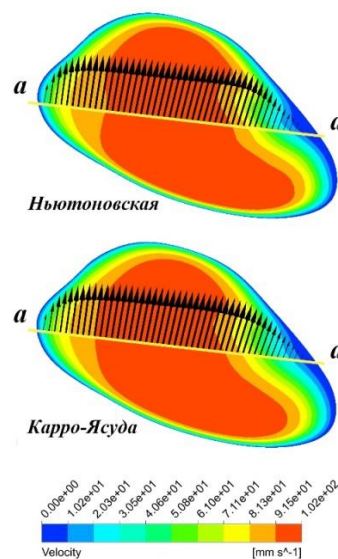


Рис. 3. Контурный график распределения скорости в сечении ВТЛЖ и профиль скорости по направлению $a-a$ (рис 2). (Сверху для ньютоновской и снизу для Карро-Ясуды моделей крови)

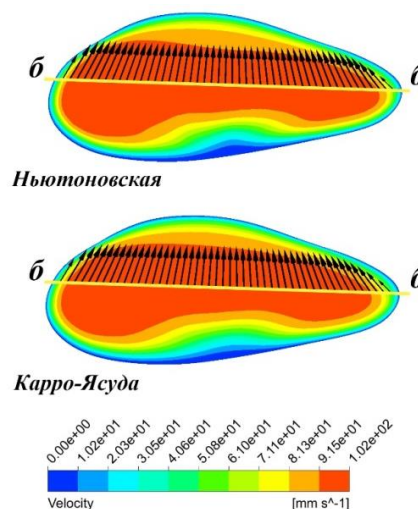


Рис. 4. Контурный график распределения скорости в сечении ВТЛЖ и профиль скорости по направлению $b-b$ (рис 2). (Сверху для ньютоновской и снизу для Карро-Ясуды моделей крови)

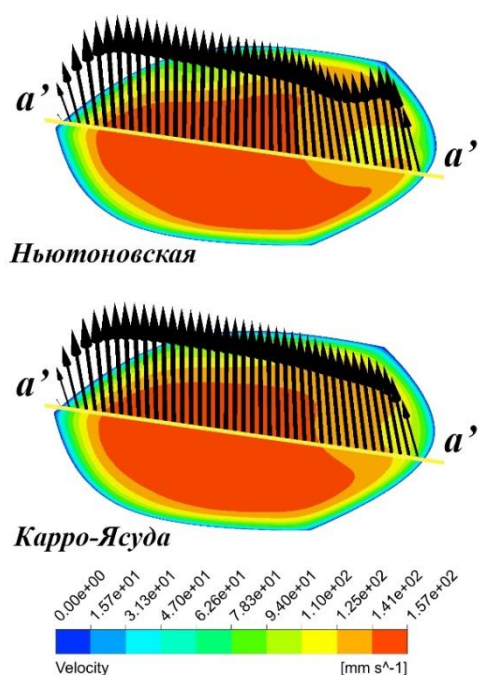


Рис. 5. Контурный график распределения скорости на створках аортального клапана и профиль скорости по направлению $a'-a'$ (рис 2). (Сверху для ньютоновской и снизу для Карро-Ясуды моделей крови)

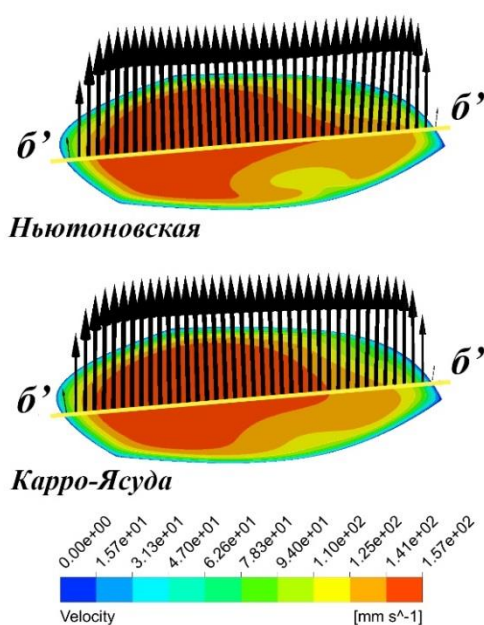


Рис. 6. Контурный график распределения скорости на створках аортального клапана и профиль скорости по направлению $b'-b'$ (рис 2). (Сверху для ньютоновской и снизу для Карро-Ясуды моделей крови)

Выводы. Кинематика тракта «левый желудочек-аортальный клапан-аорта», связанная с деформацией профиля скоростей в сечениях от ВТЛЖ до створок аортального клапана, претерпевает сходные изменения как для ньютоновской, так и неньютоновской жидкости – крови. При этом распределение скорости крови на

створках аортального клапана становится равномерным в каждом из рассмотренных случаев.

Выводы и рекомендации, полученные в работе [4] для ньютоновской жидкости, состоятельны и для случая учета реальных свойств крови.

Л и т е р а т у р а

1. Андерсон Р.Г., Спайсер Д.Е., Хлавачек Э.М., Кук Э.К., Бейкер К.Л. Хирургическая Анатомия Сердца по Уилкоксу (перевод с английского). – М.: «Логосфера», 2015. – 443 с.
2. Гарбарук А.В. Моделирование турбулентности в расчетах сложных течений / А.В. Гарбарук, М.Х. Стрелец, М.Л. Шур – СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. – 88с.
https://cfds.spbstu.ru/agarbaruk/doc/2012_garbaruk-strelecshur_modelirovanie-turbulentnosti-v-raschetah-slozhnyh-techenij.pdf
3. Сёмин Д.А. К вопросу о гидродинамических методах измерения ударного объема сердца / Д.А. Сёмин, А.Н. Левашов, В. В Макарук // Вестник Луганского национального университета имени Владимира Даля 2020, № 11 (41). – С. 89-94.
4. Сёмин Д.А. Исследование кинематики тракта «левый желудочек-аортальный клапан-аорта» сердечно-сосудистой системы человека / Д.А. Сёмин, А.Н. Левашов, В. В Макарук // Вестник Луганского национального университета имени Владимира Даля 2021. № 11 (53). – С. 99-106.
5. Современные подходы к моделированию турбулентности / А.В. Гарбарук, М.Х. Стрелец, А.К. Травин, М.Л. Шур – СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2016. – 234 с.
http://cfds.spbstu.ru/agarbaruk/lecture/turb_models
6. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. – М.: Изд-во Дрофа, 2003. – 846с.
7. Sobotta. Атлас анатомии человека под ред. Р. Путца, Р. Пабста; пер. с англ., под ред. В.В. Куликова. В 2 т. Том 2: Туловище. Внутренние органы. Нижняя конечность. – М.: Рид Элсивер, 2011. – 416 с.
8. Х.Фейгенбаум. Эхокардиография. – 5-е изд. – М.: Видар, 1999. – С. 205-206.
9. Эхокардиография в кардиологии. Компендиум. Секция 5. Глава 7. [Compendium.com.ua/cinical-guidelines/cardiology/section-5/glava-7](http://compendium.com.ua/cinical-guidelines/cardiology/section-5/glava-7).
10. Cokelet G, Merrill E, Gilliland E, Shin H, Britten A. The rheology of human blood—measurement near and at zero shear rate. *Trans Soc Rheol*. 1963; 7: 303.
11. Haynes R, Burton A. Role of the non-Newtonian behavior of blood in hemodynamics. *Am J Physiol*. 1959; 197: 943-950.
12. Merrill E, Pelletier G. Viscosity of human blood: Transition from Newtonian to non-Newtonian. *J Appl Physiol*. 1967; 23: 178-182.
13. Rajagopal K. Mechanics of non-Newtonian fluids. In: Galdi G, Necas J, editors. *Recent developments in theoretical fluids mechanics*. Longman, New York: Pitman Research Notes in Mathematics. 1993; 129-162.
14. Schmid-Schoenbein H, Wells R, Schildkraut R. Microscopy and viscometry of blood flowing under uniform shear rate (rheoscopy). *J Appl Physiol*. 1969; 26: 674-678.
15. Wells R, Merrill E. Shear rate dependence of the viscosity of whole blood and plasma. *Science*. 1961; 133: 763-764.
16. Kwack J, Masud A. A stabilized mixed finite element method for shear-rate dependent non-Newtonian fluids: 3D benchmark problems and application to blood flow in bifurcating arteries. *Comput Mech*. 2014; 53: 751-776.

17. Owens RG. A new microstructure-based constitutive model for human blood. *J Non-Newton Fluid*. 2006; 140: 57–70.

18. Masud A, Kwack J. A stabilized mixed finite element method for the incompressible shear-rate dependent non-Newtonian fluids: Variational Multiscale framework and consistent linearization. *Comput Methods Appl Mech Engrg*. 2011; 200: 577–596

19. Kim S. A study of non-Newtonian viscosity and yield stress of blood in a scanning capillary-tube rheometer. PhD Thesis. 2002; Drexel University.

20. Molla MM, Paul MC. LES of non-Newtonian physiological blood flow in a model of arterial stenosis. *Med Eng Phys*. 2012; 34: 1079–1087.

21. Boyd J, Buick JM, Green S. Analysis of the Casson and Carreau-Yasuda non-Newtonian blood models in steady and oscillatory flows using the lattice Boltzmann method. *Phys Fluids*. 2007; 19: 093103.

22. Yasuda K, Armstrong RC, Cohen RE. Shear flow properties of concentrated solutions of linear and star branched polystyrenes. *Rheol Acta*. 1981; 20: 163–178.

23. Gijzen F, Allanic E, van de Vosse F, Janssen J. The influence of the non-Newtonian properties of blood on the flow in large arteries: Unsteady flow in a 90° curved tube. *J Biomech*. 1999; 32: 705–713.

24. Sequeira A, Janela J. An overview of some mathematical models of blood rheology. In: Pereira M, editor. *A Portrait of State-of-the-Art Research at the Technical University of Lisbon*. 2007; Springer Netherlands. 65–87.

Syomin D.A., Levashov A.N., Makaruk V.V.
TO THE ISSUE OF HYDRODYNAMIC METHODS OF MEASURING HEART'S STROKE VOLUME

Blood viscosity is an important factor determining the local characteristics of blood flow, which exhibits dilution behavior: viscosity decreases exponentially with increasing shear rate. Both hematocrit and plasma viscosity affect blood viscosity. The property of blood thinning during the shift is mainly related to the rheological properties of red blood cells. In previous publications [3,4], the kinematics of the "left ventricle-aortic valve-aorta" tract was studied by mathematical and physical modeling, the authors assumed that the viscosity of blood does not change from the shear rate, i.e. the studies were carried out on a Newtonian fluid. In this paper, studies of the kinematics of a liquid, the

rheological law of which is close to the properties of blood, i.e. with the non-Newtonian model proposed by Carro-Yasuda, are carried out on a mathematical model.

Keywords: hemodynamics, shock volume, left ventricle, aortic valve, aorta, mathematical modeling, shear rate, flow kinematics

Сёмин Дмитрий Александрович, д.т.н., профессор кафедры прикладной математики ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

E-mail: sdaa261@ukr.net

Syomin Dmitry Alexandrovich, Doc. of Tech. Sc., Prof. of the applied mathematics SEE HT LPR "Lugansk Vladimir Dahl State University".

Левашов Артём Николаевич, ассистент кафедры прикладной математики ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

E-mail: boschcdi@mail.ru

Levashov Artem Nikolaevich, a chair assistant of applied mathematics chair SEE HT LPR "Lugansk Vladimir Dahl State University".

Макарук Владимир Владимирович, ассистент кафедры анестезиологии, интенсивной терапии и экстренной медицинской помощи ГУ ЛНР «Луганский государственный медицинский университет им. Святителя Луки».

E-mail: makarukvladimir93@gmail.com

Makaruk Vladimir Vladimirovich, a chair assistant of anesthesiology intensive care and emergency medical care of State Establishment of Lugansk People's Republic Saint Luka Lugansk State Medical University.

Рецензент: Нечаев Григорий Иванович, доктор технических наук, профессор кафедры транспортных технологий ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 15.12.2022 г

УДК 621.22:621.694

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ДИФFUЗОРОВ В ГИДРАВЛИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВАХ И СИСТЕМАХ

Сёмин Д.А.

THE EFFECTIVENESS OF THE USE OF DIFFUSERS IN HYDRAULIC DEVICES AND SYSTEMS

Syomin D.A.

На основе гидравлического расчета получены аналитические соотношения позволяющие определить эффект изменения расхода через гидросистему применением диффузоров с различными геометрическими параметрами и величинами сопротивлений. При этом устройство с диффузором может быть как составляющим, так и отдельным элементом системы.

Предложен критерий оценки эффекта изменения пропускной способности системы использованием в ней устройства с диффузором.

Определены условия эффективности применения диффузоров в гидросистеме, связывающие геометрические и гидродинамические параметры потока.

Количественные оценки эффекта на этапе проектирования позволяют принять решение о целесообразности использования диффузора в системе.

Ключевые слова. Гидросистема, устройство, диффузор, коэффициент расхода, эффективность.

Введение. Снижение сопротивления элементов и устройств гидравлических систем позволяет уменьшить удельные энергозатраты на перемещение в них рабочих сред. Потери энергии на преодоление гидравлических сопротивлений элементов или устройств системы при развитом турбулентном течении несжимаемой жидкости пропорциональны кинетической энергии потока, т.е. скорости V в третьей степени.

Уменьшить скорость течения в элементах проточных частей при переходе от сечения с меньшей площадью к сечению с большей площадью без существенных потерь возможно плавно изменяя конфигурацию ограничивающих поток стенок устройства, обеспечивая безотрывное (от поверхности стенок) течение [4,6,7]. Поток при этом течет по расширяющемуся руслу – диффузору. При таком течении часть кинетической энергии потока не теряется, а переходит в потенциальную энергию сжатия, характеризуемую статическим давлением, в соответствии с уравнением Бернулли [1].

Диффузоры могут заметно влиять на повышение эффективности (пропускной способности) устройств и систем, в которых соизмеримы величины потенциальной и

кинетической энергии потока, т.е. кинетическая составляющая полной энергии значительна.

Диффузорные каналы могут выполняться непосредственно в рабочей части гидромашин преимущественно динамического (лопастного) типа [1], струйных эжекторных аппаратов [5], ракетной технике или представлять самостоятельные конструкции в виде выпускных патрубков турбомашин [2] и других устройств.

Разнообразные конструкции диффузоров и их гидравлические характеристики приведены в справочнике по гидравлическим сопротивлениям [3].

Цель работы. На начальном этапе проектирования установить целесообразность использования диффузора в системе или устройстве и оценить его эффективность.

Изложение основного материала. Прежде, чем приступить к выводу обобщающих соотношений, оценивающих эффективность использования диффузора в системе, приведем ряд используемых положений и ограничений.

Течение рассматривается с осредненными по сечению параметрами [1]; течение развитое турбулентное при числах Рейнольдса $Re \geq 10^5$; рабочая среда несжимаемая, числа Маха $M \ll 1$, при которых можно считать $\rho = const$; течение в диффузоре безотрывное; сужения струи на выходе из устройства ввиду плавности геометрической формы выходного патрубка не происходит; перепад статических давлений Δp на входе в устройство или систему p_{in} и на выходе из него p_{out} , для случаев без диффузора в выходном канале и с диффузором один и тот же

$$\Delta p = (p_{in} - p_{out}) \sim idem.$$

С учетом приведенных ограничений, эффективность диффузора, как отдельного элемента системы, оценивается коэффициентами его гидравлического сопротивления ζ_d , восстановления статического давления K_{pd} и полезного действия η_d . Взаимосвязь между ними приведена в [3]:

$$\zeta_d = \frac{2\Delta p_d^*}{\rho V^2};$$

$$K_{pd} = \frac{2\Delta p_d}{\rho V^2} \approx 1 - n^{-2} - \zeta_d;$$

$$\eta_d = \frac{\Delta p_d}{\Delta p_{ideal}} = 1 - \frac{\zeta_d}{1 - n^{-2}}.$$

Здесь $\Delta p_d^* = (p_{in}^* - p_{out}^*)$ – удельные потери части располагаемой энергии потока в диффузоре, оцениваемые разностью полных давлений на входе и выходе из диффузора; in, out – индексы относящиеся ко входному и выходному сечениям; $*$ – индекс полного значения параметра; $n = F_d / f$; $\Delta p = (p_{out} - p_{in})$ – разность статических давлений на выходе из диффузора и на входе в него.

Наряду с указанными параметрами, коэффициент гидравлического сопротивления определяет еще один из важнейших показателей – коэффициент расхода, характеризующий пропускную способность устройства или системы в сравнении с идеальной (невязкой) жидкостью [1]

$$\mu = Q / Q_{ideal} = \frac{1}{\sqrt{\zeta}},$$

где Q и Q_{ideal} – соответственно, объемные расходы реальной и идеальной жидкости; ζ – суммарный коэффициент гидравлического сопротивления.

Таким образом коэффициент гидравлического сопротивления является наиболее общим параметром, зная который можно найти остальные интересные величины.

В общем виде гидросистему с включенным в него объектом «устройство-диффузор» можно представить в виде схемы на рис. 1.

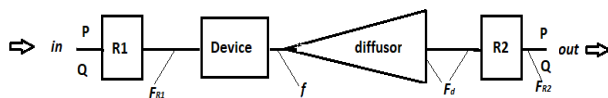


Рис. 1. Расчётная схема гидросистемы

Dev – устройство; D – диффузор; R1 и R2 части гидросистемы «до» и «после» устройства с диффузором; F, f – площади сечений проточной части гидросистемы

С учетом принятых допущений, уравнение Бернулли [1], записанное для сечений $in - out$, (рис.1) имеет вид

$$p_{in} + \alpha_{in} \rho \frac{V_{in}^2}{2} = p_{out} + \alpha_{out} \rho \frac{V_{out}^2}{2} + \Delta p_{in-out}^*.$$

Здесь p, V – соответственно, давление и средняя скорость в рассматриваемом сечении, α – коэффициент кинетической энергии Кориолиса; Δp_{in-out}^* – потери полного давления между сечениями $in-out$.

В гидравлических расчетах оперируют удельной величиной потерь, приходящейся на единицу объемного расхода, т.е. в единицах полного

давления и рассчитывают по известной формуле Борда-Карно [1]

$$\Delta p_{in-out}^* = \zeta \rho \frac{V^2}{2} = \zeta \rho \frac{Q^2}{2F^2},$$

где ζ – коэффициент гидравлического сопротивления устройства или системы; ρ – плотность жидкости; $V = \frac{Q}{F}$ – средняя скорость в определенном, ортогональном к вектору скорости, сечении площадью F

Обозначая коэффициенты гидравлического сопротивления устройства ζ_{dev} , диффузора ζ_d , частей R1 и R2 системы, соответственно ζ_{R1}, ζ_{R2} , запишем выражение для потерь полного давления в системе.

$$\Delta p_{in-out}^* = \Delta p_{dev}^* + \Delta p_d^* + \Delta p_{R1}^* + \Delta p_{R2}^* =$$

$$\zeta_{dev} \rho \frac{Q_{sdR}^2}{2f^2} + \zeta_d \rho \frac{Q_{sdR}^2}{2f^2} + \zeta_{R1} \rho \frac{Q_{sdR}^2}{2F_{R1}^2} + \zeta_{R2} \rho \frac{Q_{sdR}^2}{2F_{R2}^2} =$$

$$= \zeta_{dev} \rho \frac{Q_{sdR}^2}{2f^2} + \zeta_d \rho \frac{Q_{sdR}^2}{2f^2} + \zeta_R \rho \frac{Q_{sdR}^2}{2f^2}.$$

Здесь Q_{sdR} – расход через систему при наличии диффузора и нагрузки; f – площадь сечения канала на выходе из устройства, равная площади входа в диффузор, $\zeta_R = \left(\zeta_{R1} \frac{f^2}{F_{R1}^2} + \zeta_{R2} \frac{f^2}{F_{R2}^2} \right)$ – суммарный коэффициент сопротивления системы «до» и «после» устройства с диффузором.

С учетом этого, получаем преобразованное исходное уравнение Бернулли в виде

$$p_{in} + \alpha_{in} \rho \frac{Q_{sdR}^2}{2F_{in}^2} = p_{out} + \alpha_{out} \rho \frac{Q_{sdR}^2}{2F_{out}^2} +$$

$$+ \zeta_{dev} \rho \frac{Q_{sdR}^2}{2f^2} + \zeta_d \rho \frac{Q_{sdR}^2}{2f^2} + \zeta_R \rho \frac{Q_{sdR}^2}{2f^2}.$$

Из него следует:

$$p_{in} - p_{out} = \rho \frac{Q_{sdR}^2}{2f^2} \left(\zeta_{dev} + \zeta_d + \zeta_R + \alpha_{out} \frac{f^2}{F_{out}^2} - \alpha_{in} \frac{f^2}{F_{in}^2} \right).$$

Т.о. расход через систему, в самом общем случае, будет определяться соотношением

$$Q_{sdR} = \frac{f}{\sqrt{\left(\zeta_{dev} + \zeta_d + \zeta_R + \alpha_{out} \frac{f^2}{F_{out}^2} - \alpha_{in} \frac{f^2}{F_{in}^2} \right)}} \sqrt{\frac{2(p_{in} - p_{out})}{\rho}}. (1)$$

Принимая во внимание известную из гидравлики форму выражения расхода при истечении несжимаемой жидкости [1]

$$Q = \mu F \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}},$$

коэффициент расхода системы из соотношения (1) будет определяться как

$$\mu_{dR}^* = \frac{1}{\sqrt{\zeta_{dev} + \zeta_d + \zeta_R + \alpha_{out} \frac{f^2}{F_{out}^2} - \alpha_{in} \frac{f^2}{F_{in}^2}}} \quad (2)$$

Рассмотрим выражения для коэффициента расхода для частных случаев системы (рис. 1):

I – Система в виде отдельного устройства без диффузора:

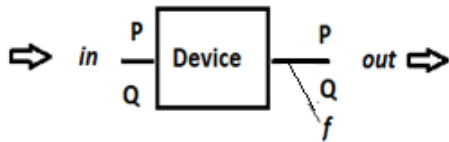


Рис. 2. Расчётная схема гидросистемы в виде отдельного устройства без диффузора

Параметры системы: ($\zeta_d = 0$; $\zeta_R = 0$; $F_{out} = f$; $\alpha_{out} = \alpha_f$);

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{\zeta_{dev} + \alpha_f - \alpha_{in} \frac{f^2}{F_{in}^2}}} \quad (3)$$

II – Система в виде отдельного устройства с диффузором:

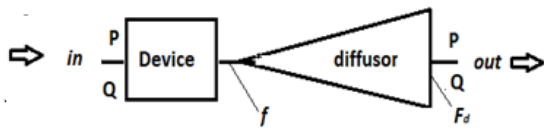


Рис. 3. Расчётная схема гидросистемы в виде отдельного устройства с диффузором

Параметры системы: ($\zeta_R = 0$; $F_{out} = F_d$; $\frac{f^2}{F_{out}^2} = n^{-2}$; $\alpha_{out} = \alpha_d$);

$$\mu_d^* = \frac{1}{\sqrt{\left(\zeta_{dev} + \zeta_d + \alpha_d n^{-2} - \alpha_{in} \frac{f^2}{F_{in}^2}\right)}}, \quad (4)$$

III – Система с устройством без диффузора:

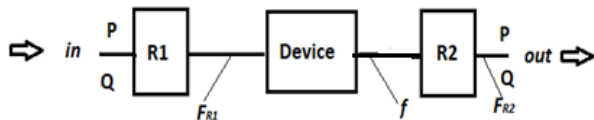


Рис.4. Расчётная схема гидросистемы с устройством без диффузора

Параметры системы: ($\zeta_d = 0$; $F_{out} = F_{R2} = f$; $\zeta_R = \zeta_R^* = \left(\zeta_{R1} \frac{f^2}{F_{R1}^2} + \zeta_{R2}\right)$);

$$\mu_R^* = \frac{1}{\sqrt{\left(\zeta_{dev} + \zeta_R^* + \alpha_{out} - \alpha_{in} \frac{f^2}{F_{in}^2}\right)}} \quad (5)$$

IV – Система с устройством и диффузором (рис. 1)

Параметры системы: ($F_{out} = F_{R2} = F_d$;

$$\zeta_R = \zeta_{Rd} = \left(\zeta_{R1} \frac{f^2}{F_{R1}^2} + \zeta_{R2} n^{-2}\right);$$

$$\mu_{dR}^* = \frac{1}{\sqrt{\left(\zeta_{dev} + \zeta_d + \zeta_{Rd} + \alpha_{out} n^{-2} - \alpha_{in} \frac{f^2}{F_{in}^2}\right)}} \quad (6)$$

Для удобства сравнения, коэффициенты расхода в формулах (2) – (6) определены при одной и той же площади сечения горла f . Поэтому возможны значения $\mu^* > 1$, т.к. эта величина является приведенной к горлу устройства. Так как конфигурация проточной части устройства неизменна [3], $\zeta_{dev} \sim idem$.

Эффективность влияния диффузора на пропускную способность устройства удобно оценить отношением коэффициентов расхода устройства с диффузором (II) и без него (I):

$$k_{\mu dev} = \frac{\mu_d^*}{\mu} = \sqrt{\frac{\zeta_{dev} + \alpha_f - \alpha_{in} \frac{f^2}{F_{in}^2}}{\zeta_{dev} + \zeta_d + \alpha_d n^{-2} - \alpha_{in} \frac{f^2}{F_{in}^2}}} \quad (7)$$

Соотношение между коэффициентами расхода системы с устройством, содержащем диффузор и не содержащем его таково:

$$k_{\mu sys} = \frac{\mu_{dR}^*}{\mu_R^*} = \sqrt{\frac{\zeta_{dev} + \zeta_R^* + \alpha_{out} n^{-2} - \alpha_{in} \frac{f^2}{F_{in}^2}}{\zeta_{dev} + \zeta_d + \zeta_{Rd} + \alpha_{outd} n^{-2} - \alpha_{in} \frac{f^2}{F_{in}^2}}}. \quad (8)$$

Полученные соотношения (7) - (8) позволяют определить эффект изменения расхода через устройство или систему применением диффузоров с различными геометрическими параметрами и величинами сопротивлений.

В случае идеальной жидкости, формулы (7), (8) в точности описывают тривиальный результат максимально достижимого, и вместе с тем нереального, значения k_{μ} :

$$\zeta_{dev} = 0; \alpha_f = 1; \alpha_d = 1; \zeta_d = 0; (k_{\mu d})_{ideal} \rightarrow n.$$

Легко также сформулировать условие *позитивного эффекта* от использования диффузора общем случае, при котором $k_{\mu dR} > 1$:

$$(\zeta_d + \zeta_{Rd} + \alpha_{outd} n^{-2}) < (\zeta_R^* + \alpha_{out} n^{-2}).$$

Замечая, что

$$\zeta_R - \zeta_{Rd} = \left(\zeta_{R1} \frac{f^2}{F_{R1}^2} + \zeta_{R2}\right) - \left(\zeta_{R1} \frac{f^2}{F_{R1}^2} + \zeta_{R2} n^{-2}\right) = \zeta_{R2} (1 - n^{-2})$$

условие *позитивного эффекта* диффузора принимает вид

$$(\zeta_{R2} (1 - n^{-2}) - \zeta_d) < (\alpha_{outd} - \alpha_{out}) n^{-2} \quad (9)$$

Физически это можно сформулировать следующим образом: «приращение энергии в диффузоре за счет преобразования кинетической энергии потока в потенциальную в виде давления, должно превышать потери энергии на преодоление гидравлического сопротивления диффузора и системы».

Если система представлена только устройством с диффузором, это же условие из (7) упрощается

$$(\zeta_d + \alpha_d n^{-2}) < \alpha_f. \quad (10)$$

В случае равенства левой и правой частей в формулах (9) и (10) будем иметь «нулевой» эффект диффузора, при котором

$$k_{\mu dev} = k_{\mu sys} = 1.$$

В случае невыполнения соотношений (9) или (10) эффект от диффузора будет негативным, т.е. он будет увеличивать сопротивление системы и уменьшать расход протекающей через нее среды.

Для того, чтобы определить направления и возможности повышения пропускной способности устройства или системы, путем установки диффузора в выходном патрубке, соотношение (7) - (8) удобнее представить иначе. Учитывая, что

$$\mu = \varepsilon \varphi, \text{ при } \varepsilon = 1; \mu = \varphi = \frac{1}{\sqrt{\zeta_{dev} + \alpha_f - \alpha_{in} \frac{f^2}{F_0^2}}},$$

получаем (7) и (8) в преобразованном виде:

$$k_{\mu d} = \frac{1}{\sqrt{1 - (\alpha_f - \alpha_d n^{-2} - \zeta_d) \mu^2}}. \quad (11)$$

$$k_{\mu sys} = \frac{1}{\sqrt{1 - (\zeta_R^* - \zeta_{Rd} - \zeta_d - (\alpha_{out} - \alpha_{outd}) n^{-2}) (\mu_R^*)^2}}$$

Используя ранее полученное выражение для $\zeta_R^* - \zeta_{Rd}$, будем иметь

$$k_{\mu sys} = \frac{1}{\sqrt{1 - (\zeta_{R2} (1 - n^{-2}) - \zeta_d - (\alpha_{out} - \alpha_{outd}) n^{-2}) (\mu_R^*)^2}} \quad (12)$$

Из выражений (11) и (12) следует, что для увеличения $k_{\mu d}$ и $k_{\mu sys}$ необходимо минимизировать значения их знаменателей. Этого можно достичь, снижая величины сопротивления системы ζ_R , диффузора ζ_d и увеличивая степень его диффузорности при условии, что течение в диффузоре остается безотрывным [6,7]. При этом выражение (12) упрощается:

$$k_{\mu sys} \rightarrow \frac{1}{\sqrt{1 - (\zeta_{R2} - \zeta_d) (\mu_R^*)^2}}. \quad (13)$$

Коэффициент расхода устройства без диффузора, по возможности, также необходимо максимизировать, снижая его сопротивление, т.е. $\mu \rightarrow 1$. Тогда при $\alpha_{out} = 1$ можно достичь максимальных значений k_{μ} , определяемых соотношением

$$(k_{\mu d})_{\max} \rightarrow \frac{1}{\sqrt{\zeta_d}}. \quad (14)$$

Несмотря на тождественность условий (9) и (10), увеличение пропускной способности системы с устройством и диффузором (12) будет меньшим, чем диффузорный эффект для самого устройства вне системы (11). Качественный результат при этом тривиален, однако количественная оценка эффекта на этапе проектирования позволяет принять обоснованное решение о целесообразности использования диффузора в системе.

Выводы. Полученные аналитические соотношения позволяют определить эффект изменения расхода через гидросистему применением диффузоров с различными геометрическими параметрами и величинами сопротивлений. При этом устройство с диффузором может быть как составляющим, так и отдельным элементом системы.

Предложен критерий оценки эффекта изменения пропускной способности системы использованием в ней устройства с диффузором.

Определены условия эффективности применения диффузоров в гидросистеме, связывающие геометрические и гидродинамические параметры потока.

Количественные оценки эффекта на этапе проектирования позволяют принять решение о целесообразности использования диффузора в системе.

Л и т е р а т у р а

1. Башта Т.М. Машиностроительная гидравлика. – М. «Машиностроение». – 1971. – 672 с.
2. Дейч М.Е., Зарянкин А.Е. Газодинамика диффузоров выхлопных патрубков турбомашин. – М. «Энергия». – 1970. – 384 с.
3. Идельчик М.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. – М. «Машиностроение», – 1975. – 559с.
4. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. – М. «Дрофа». – 2003. – 846 с.
5. Соколов Е.Я., Зингер Н.М. Струйные аппараты. – М. «Энергоатомиздат». – 1989. – 352 с.
6. Чжен П. Отрывные течения. Т.1. – М. «Мир». 1972. – 300 с.
7. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. – М. «Наука». – 1974. – 712 с.

Syomin D.A.

THE EFFECTIVENESS OF THE USE OF DIFFUSERS IN HYDRAULIC DEVICES AND SYSTEMS

Based on the hydraulic calculation, analytical relations were obtained that allow determining the effect of flow rate changes through the hydraulic system using diffusers with different geometric parameters and resistance values. In this case, the device with a diffuser can be either a component or a separate element of the system.

A criterion for evaluating the effect of changing the throughput of the system by using a device with a diffuser in it is proposed.

The conditions for the effectiveness of the use of diffusers in the hydraulic system, linking the geometric and hydrodynamic parameters of the flow, are determined.

Quantitative estimates of the effect at the design stage make it possible to make a decision on the feasibility of using a diffuser in the system.

Keywords: hydraulic system, device, diffuser, flow coefficient, efficiency.

Сёмин Дмитрий Александрович, д.т.н., профессор кафедры прикладной математики ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

E-mail: sdaa261@ukr.net

Syomin Dmitry Alexandrovich, Doc. of Tech. Sc., Prof. of the applied mathematics SEE HT LPR "Lugansk Vladimir Dahl State University".

Рецензент: Нечаев Григорий Иванович, доктор технических наук, профессор кафедры транспортных технологий ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 15.11.2022 г

УДК 519.221

ПРОСТЫЕ ФИЛЬТРЫ В РЕШЕТКАХ

Таращанский М.Т.

PRIME FILTERS IN LATTICES

Tarashchanskii M.T.

В работе рассматриваются простые фильтры Φ в решетках подмножеств $\mathcal{R}$ и две операции, позволяющие получить по фильтру Φ в решетке дополнений $\bar{\mathcal{R}}$ фильтры $\Phi^\Delta = \{\bar{R}; R \in \mathcal{R}, R \notin \Phi\}$ и $\Phi^* = \{\bar{R}; R \in \mathcal{R}, \bar{R} \supset F \in \Phi\}$. Изучаются взаимосвязи между этими фильтрами.

Ключевые слова: решетки, простые фильтры, двузначные меры.

Обозначения и предварительные сведения. Пусть X – некоторое непустое множество. Символом $\mathcal{P}(X)$ будет обозначаться множество всех подмножеств множества X .

Непустое семейство $\mathcal{A} \subset \mathcal{P}(X)$ называется алгеброй, если $X \in \mathcal{A}$ из $A, B \in \mathcal{A}$ следует, что $A \Delta B \in \mathcal{A}$ и $A \cap B \in \mathcal{A}$.

Ясно, что тогда и $A \cup B \in \mathcal{A}$ и $A \setminus B \in \mathcal{A}$.

Непустая система $\mathcal{R} \subset \mathcal{P}(X)$ подмножеств множества X называется решеткой, если из того, что $A, B \in \mathcal{R}$ вытекает, что $A \cup B \in \mathcal{R}$ и $A \cap B \in \mathcal{R}$. В дальнейшем предполагается, кроме того, что $\emptyset, X \in \mathcal{R}$.

Пусть $\mathcal{A} \subset \mathcal{P}(X)$ – алгебра. Семейство $\mathcal{F} \subset \mathcal{A}$ называется фильтром в $\mathcal{A}$, если выполняются следующие условия:

- (i) $\emptyset \notin \mathcal{F}$;
- (ii) $A, B \in \mathcal{F} \Rightarrow A \cap B \in \mathcal{F}$;
- (iii) $A \in \mathcal{F}, B \in \mathcal{A}, A \supset B \Rightarrow B \in \mathcal{F}$.

Фильтр $\mathcal{F} \subset \mathcal{A}$ называется максимальным фильтром в $\mathcal{A}$, если в $\mathcal{A}$ нет другого фильтра содержащего $\mathcal{F}$. Фильтр $\mathcal{F} \subset \mathcal{A}$ является максимальным фильтром в $\mathcal{A}$ тогда и только тогда, когда для каждого $A \in \mathcal{A}$ либо A , либо его дополнение в X , т.е. множество $\bar{A} = \{x \in X; x \notin A\}$ принадлежит $\mathcal{F}$.

Если $\mathcal{F}$ – максимальный фильтр в алгебре $\mathcal{A}$, тогда можно определить двузначную меру μ на $\mathcal{A}$ полагая $\mu(A) = 1$, если $A \in \mathcal{F}$ и $\mu(A) = 0$ в противном случае. С другой стороны, всякая двузначная мера μ на $\mathcal{A}$ определяет

максимальный фильтр $\mathcal{F} = \{A \in \mathcal{A}; \mu(A) = 1\} = \mu^{-1}(1)$

Определения фильтра без изменений переносятся и на случай, когда $\mathcal{R} \subset \mathcal{P}(X)$ – решетка. Фильтр $\Phi \subset \mathcal{R}$ максимален тогда и только тогда, когда $R \in \Phi$ лишь в том случае, когда $R \cap F \neq \emptyset$ для всякого $F \in \Phi$. Отсюда получаем, что $\Phi \subset \mathcal{R}$ максимален тогда и только тогда, когда для всякого $R \in \mathcal{R}$ либо $R \in \Phi$, либо существует такое $F \in \Phi$, что $F \subset \bar{R}$.

В случае фильтров в решетках приобретает отдельное содержание понятие простого фильтра [1]. Фильтр $\Phi \subset \mathcal{R} \subset \mathcal{P}(X)$ называется простым, если из соотношений $R_1 \cup R_2 \in \Phi$, $R_1, R_2 \in \mathcal{R}$ следует, что либо $R_1 \in \Phi$, либо $R_2 \in \Phi$.

Ясно, что всякий максимальный фильтр является простым, но обратное в общем случае неверно. Кроме того, если $\mathcal{A} = a(\mathcal{R})$ – алгебра, порожденная решеткой $\mathcal{R}$ и $\mathcal{F} \subset \mathcal{A}$ – максимальный в $\mathcal{A}$ фильтр, тогда $\Phi = \mathcal{F} \cap \mathcal{R}$ является простым фильтром в решетке $\mathcal{R}$.

Основные результаты. Если $\Phi \subset \mathcal{R}$ – простой фильтр, тогда корректно определяется двузначная мера ν на $\mathcal{R}$ так, что $\nu^{-1}(1) = \Phi$. В том случае, когда двузначная мера μ на $\mathcal{A} = a(\mathcal{R})$, определенная максимальным фильтром $\mathcal{F} \subset \mathcal{A}$ и $\Phi = \mathcal{F} \cap \mathcal{R}$, сужение меры μ на $\mathcal{R}$ совпадает с определенной выше мерой ν . Справедливо и обратное утверждение.

Теорема 1. Пусть $\Phi \subset \mathcal{R}$ – простой фильтр и ν – определенная этим фильтром двузначная мера на $\mathcal{R}$. Тогда мера ν может быть единственным образом продолжена до двузначной меры μ на $\mathcal{A} = a(\mathcal{R})$ так, что $\Phi = \mu^{-1}(1) \cap \mathcal{R}$.

Доказательство разобьем на несколько шагов.

1. Рассмотрим множество $\mathcal{L} = \{L = R \setminus F; R, F \in \mathcal{R}, F \subset R\}$ и определим $\bar{\nu}$ на $\mathcal{L}$, полагая $\bar{\nu}(R \setminus F) = \nu(R) - \nu(F)$. Такое определение корректно в том смысле, что если $R \setminus F = R_1 \setminus F_1$ и $R_1, F_1 \in \mathcal{R}, F_1 \subset R_1$, то

$\bar{\nu}(R \setminus F) = \bar{\nu}(R_1 \setminus F_1)$. В самом деле, если это не так, то можно предположить, что $\bar{\nu}(R \setminus F) = 1$, а $\bar{\nu}(R_1 \setminus F_1) = 0$, т.е. либо $\bar{\nu}(R_1) = \bar{\nu}(F_1) = 0$, либо $\bar{\nu}(R_1) = \bar{\nu}(F_1) = 1$.

Если $\bar{\nu}(R_1) = \bar{\nu}(F_1) = 1$, т.е. $F_1 \in \Phi$. Из равенства $R \setminus F = R_1 \setminus F_1$ получаем $R \cap \bar{F} \cap F_1 = \emptyset$ или $R \subset F \cup \bar{F}_1$. Поскольку $R \in \Phi$ и фильтр Φ прост, то либо $F \in \Phi$, либо $\bar{F}_1 \in \Phi$ вопреки допущениям.

Если $\bar{\nu}(R_1) = \bar{\nu}(F_1) = 0$, $R_1, F_1 \notin \Phi$. Тогда из равенства $R \setminus F = R_1 \setminus F_1$ следует, что $R_1 \cap \bar{F}_1 \in \Phi$. Значит $R_1 = R_1 \cap (F_1 \cup \bar{F}_1) = (R_1 \cap F_1) \cup (R_1 \cap \bar{F}_1) \in \Phi$. Полученное противоречие доказывает требуемое утверждение.

2. Пусть $L = R \setminus F$, $L_1 = R_1 \setminus F_1$ и $L \cap L_1 = \emptyset$. Если $\bar{\nu}(L) = \bar{\nu}(L_1) = 0$, то и $\bar{\nu}(L \cup L_1) = 0$ ибо фильтр Φ прост. Только на одном из множеств L или L_1 функция $\bar{\nu}$ может принимать значение единица. Поэтому $\bar{\nu}(L \cup L_1) = 1$. Обратно, если $\bar{\nu}(L \cup L_1) = 1$, то, в силу простоты фильтра Φ , либо $\bar{\nu}(L) = 1$, либо $\bar{\nu}(L_1) = 1$. Значит $\bar{\nu}(L \cup L_1) = \bar{\nu}(L) + \bar{\nu}(L_1)$ для любых $L, L_1 \in \mathcal{L}$ таких, что $L \cap L_1 = \emptyset$. Следовательно, функция $\bar{\nu}$ является мерой на $\mathcal{L}$.

3. Семейство $\mathcal{L}$ является полуалгеброй ([2], стр.30).

4. Согласно ([3], предложение I.6.1) мера $\bar{\nu}$ может быть единственным образом продолжена до меры μ на алгебре $a(\mathcal{L})$, порожденной семейством $\mathcal{L}$, состоящей из конечных объединений попарно непересекающихся элементов из $\mathcal{L}$.

Поскольку $\mathcal{R} \subset \mathcal{L} \subset a(\mathcal{R})$, то и $a(\mathcal{L}) \subset a(\mathcal{R})$, но $a(\mathcal{R})$ - минимальная алгебра, содержащая $\mathcal{R}$, поэтому $a(\mathcal{L}) = a(\mathcal{R})$, что завершает доказательство теоремы.

Следствие 1. Пусть $\mathcal{F}$ и $\mathcal{F}_1$ - два максимальных фильтра на $a(\mathcal{R})$ таких, что $\mathcal{F} \cap \mathcal{R} = \mathcal{F}_1 \cap \mathcal{R}$, тогда $\mathcal{F} = \mathcal{F}_1$.

Пусть $\mathcal{R}_1 \subset \mathcal{P}(X)$ - решетка такая, что $a(\mathcal{R}) = a(\mathcal{R}_1)$. Пусть, кроме того, $\Phi \subset \mathcal{R}$ - простой фильтр. Сужение меры μ , построенной в теореме, на решетку порождает единственный простой фильтр $\Phi_1 = \{R_1 \in \mathcal{R}_1; \mu(R_1) = 1\}$. Если по простому фильтру построить двузначную меру ν_1 на $\mathcal{R}_1$, то, в силу теоремы, эта мера может быть продолжена до

меры на $a(\mathcal{R}_1)$, которая должна совпадать с мерой μ иначе мера ν_1 будет иметь два различных продолжения на $a(\mathcal{R}_1)$ вопреки утверждению теоремы. Этим устанавливается взаимно однозначное соответствие между простыми фильтрами в $\mathcal{R}$ и простыми фильтрами в $\mathcal{R}_1$.

Возьмем в качестве $\mathcal{R}_1$ решетку $\bar{\mathcal{R}} = \{\bar{R}; R \in \mathcal{R}\}$. Пусть $\Phi \subset \mathcal{R}$ - простой фильтр. Соответствующий ему простой фильтр в $\bar{\mathcal{R}}$ это фильтр, обозначаемый символом Φ^Δ и определенный как $\Phi^\Delta = \{\bar{R}; R \notin \Phi, R \in \mathcal{R}\}$. Если $\Phi \subset \Phi_1$, то $\Phi^\Delta \supset \Phi_1^\Delta$.

Максимальному фильтру $\Phi \subset \mathcal{R}$ соответствует фильтр $\Phi^\Delta \in \bar{\mathcal{R}}$, который, следуя [], будем называть комаксимальным. Используя характеристику максимального фильтра, получаем, что комаксимальный фильтр в $\mathcal{R}$ характеризуется тем, что либо $R \notin \Phi$, либо $\bar{R} \subset R_1 \notin \Phi$ для некоторого $R_1 \in \mathcal{R}$.

Рассмотрим еще один фильтр в $\bar{\mathcal{R}}$, связанный с простым фильтром $\Phi \subset \mathcal{R}$. Положим $\Phi^* = \{\bar{R}; R \in \mathcal{R}, \bar{R} \supset R_1 \in \Phi\}$. Если $\Phi \subset \Phi_1$, то $\Phi^* \subset \Phi_1^*$.

Обозначим через $\mathcal{F}^*$ фильтр в $a(\mathcal{R})$, определенный как $\mathcal{F}^* = \{A \in a(\mathcal{R}); A \supset R \in \Phi\}$. Тогда $\mathcal{F}^* \cap \mathcal{R} = \Phi$ и $\mathcal{F}^* \cap \bar{\mathcal{R}} = \Phi^*$.

Теорема 2. Имеют место следующие соотношения:

- 1) $\Phi^{\Delta\Delta} = \Phi$;
- 2) Φ^* - комаксимальный фильтр;
- 3) $\Phi^* \subset \Phi^\Delta$, причем $\Phi^* = \Phi^\Delta$ тогда и только тогда, когда фильтр Φ максимален;
- 4) $\Phi^{*\Delta} = \Phi^*$;
- 5) $\Phi^{**} = \Phi^{\Delta*}$.

Доказательство. Свойство 1) вытекает из определения Φ^Δ .

2) Пусть $\bar{R} \in \Phi^*$. Это означает, что найдется такое $R_1 \in \Phi$, что $\bar{R} \supset R_1$. Тогда $R = \bar{\bar{R}} \subset \bar{R}_1$ и $\bar{R}_1 \notin \Phi^*$ поскольку иначе $\bar{R}_1 \supset F \in \Phi$ и $R_1 \cap F = \emptyset \in \Phi$. Значит, либо $\bar{R} \notin \Phi^*$, либо его дополнение содержится в некотором $\bar{R}_1 \notin \Phi^*$, $R_1 \in \mathcal{R}$. Это и означает комаксимальность Φ^* .

3) Пусть $\bar{R} \in \Phi^*$. Это означает, что найдется такое $R_1 \in \Phi$, что $\bar{R} \supset R_1$, т.е. $R \notin \Phi$ иначе $R \cap R_1 = \emptyset \in \Phi$. Поэтому $\bar{R} \in \Phi^\Delta$. Значит, $\Phi^* \subset \Phi^\Delta$.

Если $\bar{R} \in \Phi^\Delta$, то $R \notin \Phi$. Если Φ максимален, то отсюда получаем, что $\bar{R} \supset F \in \Phi$, т.е. $\bar{R} \in \Phi^*$. Этим доказано, что $\Phi^* \supset \Phi^\Delta$ в случае максимальности Φ . Если $\Phi^* = \Phi^\Delta$, то

$\Phi^{*\Lambda} = \Phi^{\Lambda\Lambda} = \Phi$. Согласно 2) фильтр Φ^* комаксимален, значит Φ максимален.

4) Поскольку фильтр Φ^{Λ} максимален, то $\Phi^{*\Lambda*} = \Phi^{*\Lambda\Lambda} = \Phi^*$.

5) Поскольку $\Phi^* \subset \Phi^{\Lambda}$, то $\Phi^{**} \subset \Phi^{\Lambda*}$. Согласно 2) оба фильтра Φ^{**} и $\Phi^{\Lambda*}$ комаксимальны, следовательно, $\Phi^{**} = \Phi^{\Lambda*}$.

Следствие 2. Операции « Λ » и « $*$ » приводят к шести фильтрам в решетках $\mathcal{R}$ и $\bar{\mathcal{R}}$. Других фильтров с помощью этих операций получить невозможно.

$$\begin{array}{ccccccc} \mathcal{R} : \Phi^{\Lambda*} & \subset & \Phi & \subset & \Phi^{\Lambda*} \\ & \uparrow & \swarrow & \downarrow & \searrow & \downarrow \\ \bar{\mathcal{R}} : \Phi^{\Lambda*\Lambda} & \supset & \Phi^{\Lambda} & \supset & \Phi^* \end{array}$$

Стрелками обозначено отображение « $*$ », а фильтры, стоящие в одном столбце, связаны отображением $\Phi^* \subset \Phi^{\Lambda}$. При этом $\Phi^* \rightarrow \Phi^{\Lambda*}$, фильтры Φ^{Λ} и $\Phi^{\Lambda*\Lambda}$ максималны.

Доказательство. В теореме показано, что $\Phi^* \subset \Phi^{\Lambda}$. Отсюда $\Phi = \Phi^{\Lambda\Lambda} \subset \Phi^{*\Lambda}$. Ясно, что $\Phi^{**} \subset \Phi$, а $\Phi^{**} = \Phi^{\Lambda*}$. Поэтому $\Phi^{\Lambda*} \subset \Phi$. Следовательно, $\Phi^{\Lambda*\Lambda} \supset \Phi^{\Lambda}$.

Поскольку фильтры Φ^* и $\Phi^{\Lambda*}$ комаксимальны, то Φ^{Λ} и $\Phi^{\Lambda*\Lambda}$ максималны.

Отношение $\Phi^{\Lambda*\Lambda} \rightarrow \Phi^{\Lambda*}$ вытекает из того, что $\Phi^{\Lambda*\Lambda\Lambda} = \Phi^{\Lambda*}$. Отношение $\Phi^{\Lambda} \rightarrow \Phi^*$ вытекает из пункта 4) теоремы. Отношение $\Phi^* \rightarrow \Phi^{\Lambda*}$ следует из пункта 5).

Согласно пунктам 1) и 5) любая последовательность операций « Λ » и « $*$ » сводится к одной из последовательностей $*\Lambda*\Lambda\ldots$ или $\Lambda*\Lambda*\ldots$, а эти последовательности, согласно пункту 4), упрощаются. Поэтому никаких других фильтров, кроме перечисленных шести, не возникает.

Л и т е р а т у р а

1. Frolik Z. Prime filters with CIP // Comment. Math. Univ. Carolinae – 1972. – V. 13, №3 – P. 553–575.
2. Халмош П. Теория меры. – М.: ИЛ, 1953. – 282 с.
3. Неве Ж. Математические основы теории вероятностей. – М.: Мир, 1969. – 309 с.

Tarashchanskii M.T.

PRIME FILTERS IN LATTICES

Let a lattice $\mathcal{R}$ of subsets and $\Phi \subset \mathcal{R}$ a filter, which is called a prime filter, if it follows from the relations $R, R_i \in \mathcal{R}$ and $R \cup R_i \in \Phi$ that either $R \in \Phi$, or $R_i \in \Phi$. It is shown that for any prime filter $\Phi \subset \mathcal{R}$ there is a unique maximal filter $\mathcal{F}$ in the algebra $a(\mathcal{R})$ generated by a lattice such that $\mathcal{F} \cap a(\mathcal{R}) = \Phi$.

The filters $\Phi^{\Lambda} = \{\bar{R}; R \in \mathcal{R}, R \notin \Phi\}$ and $\Phi^* = \{\bar{R}; R \in \mathcal{R}, \bar{R} \supset F \in \Phi\}$ are determined by the filter $\Phi \subset \mathcal{R}$ in the lattice $\bar{\mathcal{R}}$ of complimented and the relationships between these filters are studied.

Keywords: lattices, prime filters, two-valued measures

Тарашанский Марк Танкумович, к.т.н., доцент, профессор кафедры «Прикладная математика» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

E-mail: mark.tarashchanskii@gmail.com

Tarashchanskii Mark Tankumovich, Cand.Sci(Tech.), Prof. in «Applied mathematics» of SEE HT LPR «Luhansk Vladimir Dahl State University».

Рецензент: Сёмин Дмитрий Александрович, доктор технических наук, профессор кафедры «Прикладная математика» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

Статья подана 09.12.2022

УДК 629.331; 656.131

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ И АВТОМОБИЛЯ С ДВИГАТЕЛЕМ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Турушина Н.В., Арешин А.А., Ивченко Т.Б.

COMPARATIVE ANALYSIS OF AN ELECTRIC VEHICLE AND A CAR WITH AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE

Turushina N.V., Areshin A.A., Ivchenko T.B.

В данной статье проводится сравнительный анализ электромобиля и автомобиля с двигателем внутреннего сгорания. Проведены расчеты на затраты по обслуживанию и расчеты по выбросам CO_2 в атмосферу. Составлены актуальные данные по РФ, благодаря которым можно видеть количество средневзвешенного объема выбросов CO_2 . По работе сделаны соответствующие выводы.

Ключевые слова: электромобиль, автомобиль, аккумуляторная батарея, бензин, CO_2 , затраты, выбросы, цена.

Введение. Мировое сообщество обеспокоено загрязнением окружающей среды автомобилями, работающими на двигателях внутреннего сгорания (далее ДВС). Взамен транспортных средств, работающих от ДВС, сообщество предлагает использовать для личного транспорта населения автомобильные средства, работающие от электродвигателя. Существует множество стереотипов в отношении электромобилей, которые сдерживают людей от покупки данного транспортного средства. Одним из них является высокая стоимость электромобиля и его обслуживания.

Целью настоящей работы является наглядная демонстрация того, что электромобиль обладает более высоким потенциалом для уменьшения затрат на содержание и расчет сокращения выбросов CO_2 в атмосферу.

Одним из ключевых преимуществ использования электромобиля – это техническое обслуживание. В нем меньше движущихся частей, нет масла, нет привода ГРМ, нет свечей зажигания или накаливания и многих других деталей присущих бензиновым автомобилям, а тормоза изнашиваются намного меньше и медленнее за счёт режима рекуперации у электродвигателей, что является аналогом торможения двигателем у бензинового автомобиля [1]. Для наглядности приведен подсчет затрат на использование электромобилей, где одним из основных условий является стоимость электричества. Ведь в конкурентной среде решающим фактором является цена затрат на транспортное средство.

При расчетах во внимание не были взяты такие популярные виды топлив как: дизель, газ пропан или

бутан, АИ95 и т.д., а был взят наиболее распространенный вид топлива – АИ92. Не были учтены затраты на ремонт автомобиля, налоги, комплекты шин и т.д. Видеорегистраторы и навигаторы во внимание не взяты, так как они изначально установлены на заводе-изготовителе электромобиля, что дает преимущество владельцу. При вождении видеорегистратор в комплекте с навигатором улучшают транспортную безопасность – это, во-первых, а во-вторых – это экономит затраты владельца на покупку данных электронных приборов. В данном случае, экономия за видеорегистратор и навигатор составит в среднем около 8 тысяч рублей.

Также учитывается расход электроэнергии при эксплуатации в зимнее время, так как в среднем 30% дней в году приходится на зимний период. Для самой суровой зимы расходы на обогрев салона и согревание батареи сокращают дистанцию в 2 раза, а значит и увеличивают потребление в 2 раза. Для ДВС зимний расход на 15% больше летнего [1].

Для расчетов затрат на электроэнергию были взяты тарифы на потребление электричества согласно постановления Правительства Луганской Народной Республики № 1126/21 от 30 декабря 2021 года. Стоимость 1 кВт/ч за потребление электроэнергии более 150 кВт/ч до 800 кВт/ч – 2,12 руб., за потребление 1кВт/ч свыше 800 кВт/ч – 3,21 руб. (рис. 1) [2]. Стоимость бензина на ноябрь-месяц 2022 года в Луганской Народной Республике составила 42,70 руб. (рис. 1).

1 кВт/ч = 2,12 руб.



Бензин, 1 л. = 42,70 руб.



Рис. 1. Стоимость электроэнергии и бензина АИ92 в Луганской Народной Республике

Среднестатистический пробег автомобиля в год составляет 10 000 км со средним расходом 8 литров на 100 км для бензиновых автомобилей и 15 кВт на 100 км для электромобиля.

Таблица 1

Сравнение расходов на топливо электромобиля в год

Расход на 100 км		Расход на 10000 км, с учетом зимнего периода		Стоимость топлива на 10000 км, с учетом зимнего периода, руб	
Электромобиль	Бензиновый автомобиль	Электромобиль	Бензиновый автомобиль	Электромобиль	Бензиновый автомобиль
15 кВт	8 л	1950 кВт	836 л.	4134	35697

Исходя из этих данных и проведенных расчетов определяем, что затраты на бензин составят 35 тысяч 697 рублей. Стоимость затрат на электроэнергию для этого же пробега в год электромобиля, составляет 4 тысячи 134 рубля, что в 8,6 раз ниже, чем затраты на бензин (табл. 1).

Так же хочется отметить, что замена аккумуляторной батареи на оригинальную, к примеру, для Tesla Model 3, составит 5 – 7 тыс. долларов, которой хватит на 500–700 тыс. километров. Конечно, можно обойтись ремонтом отдельных ячеек аккумулятора или вообще не учитывать этот параметр, а вот сервисное обслуживание автомобиля с ДВС на бензине не отложится на лучшие времена [1].

Также нужно учитывать тот факт, что через 5-10 лет на смену литий-ионным батареям придут принципиально новые элементы питания, которые будут увеличивать срок службы элементов питания до конца жизни автомобиля и больше. Есть дешевые батареи, например стоимость батареи на Nissan Leaf – 4 тыс. долларов. Для Китайских электрокаров – родине лития, стоимость батареи от компании CATL будет дешевле вышеперечисленных. Конечно, справедливым будет подсчитать для бензинового двигателя и его амортизацию тоже, т.к. не все авто ходят больше 500 тыс. километров и требуют капитальный ремонт ДВС с заменой

клапанов, цилиндров, головки и т.д. Для электрических никаких ремонтов не требуется, разве что «чистка щеточек» [1].

В среднем ежегодные затраты на ремонт одного бензинового автомобиля составляют 8 – 10 тысяч рублей. Учитывая тот фактор, что в электромобиле нет такого количества движущихся элементов как в автомобиле с двигателем внутреннего сгорания, то можно сказать о том, что средние ежегодные затраты на ремонт электромобиля ниже. Владельцы электромобилей тратят 7 долларов на обслуживание своих машин в первый год владения, в то время как средний владелец бензинового автомобиля тратит 30 долларов [3].

Самые продаваемые марки автомобилей в Российской Федерации: TOYOTA, HONDA, MERCEDES-BENZ, DAEWOO, LEXUS. По видам топлива: бензин – 79%, дизель – 14%, гибриды – 6%, электричество – 1% (табл. 2).

Учитывая тип топлива, год выпуска и объем двигателя автомобиля составлены актуальные данные по РФ, благодаря которым можно видеть количество средневзвешенного объема выбросов CO₂: для бензинового двигателя – 194,5 г/км, для дизельного – 179,4 г/км и для гибридного – 109 г/км [1].

Таблица 2

Выбросы CO₂ по моделям автомобилей, типу топлива и году выпуска

Производитель	Тип топлива	Средний объем двигателя	CO ₂ , грамм/чел/км			
			2001	2005	2010	2015
LEXUS	Бензин	3456	311	288	288	158
TOYOTA	Бензин/ Дизель/ Гибрид	2198,67	235,4	224,8	181,5	153,8
HONDA	Бензин/ Дизель/ Гибрид	1649,4	107,8	129,8	155,2	133,8
MERCEDES-BENZ	Бензин/ Дизель	1944,5	185,3	195,5	165,5	130
DAEWOO	Бензин	1835	209,5	185,3		

Следовательно, для уменьшения выброса 1 тонны CO₂ необходимо заменить 5141 авто/км с бензиновым двигателем или 5574 авто/км с дизельным двигателем на электромобили. А, так как на рынке они предлагаются в соотношении 79%,

14%, 6% и 1%, то замена в среднем составит 5396 автомобилей (диаграмма 1) [1].

Согласно [1] по Республике Кыргызстан свыше 1 млн легковых автотранспортных средств в среднем в год выбрасывают более 1,33 млн тонн углекислого газа в атмосферу.

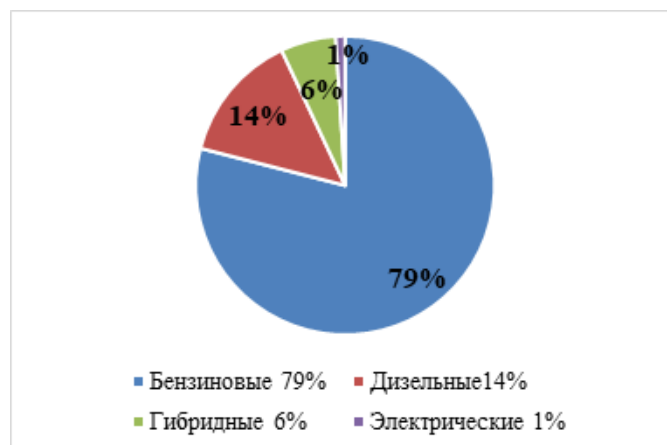


Диаграмма 1. Соотношение типа двигателя автомобилей на рынке РФ

Таблица 3

Количество автомобилей для сокращения выбросов CO₂ по типу двигателя, объему и среднему пробегу

Тип топлива	Объем двигателя	Средний пробег в день	Средний пробег в год	Средний выброс CO ₂ , грамм/км	Выброс CO ₂ 1 автомобиля в год, т	Количество автомобилей на замену для сокращения выбросов на 1 тонну CO ₂
Бензин	до 2000 см.куб	40	9880	160,7	1,59	0,63
Бензин	до 3000 см.куб	60	14820	267,5	3,96	0,25
Бензин	от 3000 см.куб	30	7410	192	1,42	0,7
Дизель	до 2000 см.куб	40	9880	184,3	1,82	0,55
Дизель	до 3000 см.куб	60	14820	231	3,42	0,29

Выводы: 1. При переходе с бензинового автомобиля на электромобиль, затраты на топливо в 8,6 раз ниже. Полная стоимость замены аккумуляторной батареи электромобиля, от завода производителя, владельцу составит 63 500 руб. на 500-700 тыс. км, поэтому теоретический сравнительный сервис на обслуживание с бензиновым автомобилем просто неактуален.

2. С годами содержание автомобиля с ДВС становится все дороже. При этом растущая конкуренция производителей электромобилей приведет к падению цен на него, а соответственно сделает электромобили доступными для более широкого слоя потребителей.

3. Свыше 1 млн легковых бензиновых автотранспортных средств в среднем в год выбрасывают более 1,33 млн тонн CO₂ в атмосферу. Переход на электромобили позволит уменьшить количество выбрасываемого CO₂ в атмосферу, что улучшит экологическую обстановку в окружающей среде.

Л и т е р а т у р а:

1. Анализ затрат и выгода транспортного сектора Кыргызстана [Электронный ресурс] URL: <https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2022> (дата обращения 08.12.2022).

2. С 1 января 2022 года действуют новые тарифы на электроэнергию в ЛНП [Электронный ресурс] URL: <https://tpplnr.ru/2022/01/11/s-1-yanvarya-2022-goda->

[dejstvuyut-novye-tarify-na-elektroenergiyu-v-lnr/](#) (дата обращения 08.12.2022)

3. Исследования показывают, что электромобили дешевле в обслуживании, но дороже в ремонте [Электронный ресурс] URL: <https://avtotachki.com/issledovaniya-pokazyvayut-cto-elektromobili-deshevle-v-obsluzhivanii-no-dorozhe-v-remonte/> (дата обращения 07.12.2022)

4. Ивченко Т.Б., Арешин А.А., Терещенко И.С. Актуальные проблемы транспортной безопасности // Материалы научно-технической конференции «Состояние и перспективы развития транспортных технологий» – 2021. – С. 38-43.

5. Арешин А.А., Панфилов А.М. Энергосбережение при использовании усовершенствованных контейнеров при смешанных перевозках // Материалы международной научно-практической конференции преподавателей, студентов и молодых ученых «Современные проблемы транспорта» – 2018. С. 77-78.

6. Ивченко Т.Б., Арешин А.А. Проведение сертификации и технического осмотра автомобилей для повышения транспортной безопасности // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – 2022. – №7 (61) – С. 66 – 69.

Turushina N.V., Areshin A.A., Ivchenko T.B. COMPARATIVE ANALYSIS OF AN ELECTRIC VEHICLE AND A CAR WITH AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE

This article provides a comparative analysis of an electric car and a car with an internal combustion engine. Calculations for maintenance costs and calculations for CO₂ emissions into the atmosphere have been carried out. Up-to-

date data for the Russian Federation have been compiled, thanks to which it is possible to see the amount of the weighted average volume of CO₂ emissions. According to the work, the relevant conclusions were drawn.

Key words: *electric car, car, battery, gasoline, CO₂, costs, emissions, price.*

Турушина Наталья Владимировна, к.т.н. доцент кафедры «Транспортные технологии» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

E-mail: sun.best@mail.ru

Turushina Nataliya, Candidate of Sciences, a dosent of the Chair «Transport technologies» SEE HT LPR «Luhansk Vladimir Dahl State University».

Арешин Антон Алексеевич, магистр кафедры «Транспортные технологии», ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», Луганск.

E-mail: areshinanton@gmail.com

Areshin Anton, master student of "Transport technologies" SEE HT LPR «Luhansk Vladimir Dahl State University».

Ивченко Татьяна Борисовна, старший преподаватель кафедры «Транспортные технологии», ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», Луганск.

E-mail: tanya-invchenko@mail.ru

Ivchenko Tatyana, senior lecturer of the «Transport technologies» SEE HT LPR «Luhansk Vladimir Dahl State University».

Рецензия: Замота Тарас Николаевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Автомобильный транспорт» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 10.12.2022

УДК 621.436

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИГОДНОСТИ ПЛУНЖЕРНЫХ ПАР РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ТНВД К ДАЛЬНЕЙШЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Тырловой С.И., Захарчук А.С., Илюхин А.Е.

DETERMINATION OF THE SUITABILITY OF PLUG PAIRS DISTRIBUTION INJECTION PUMP FOR FURTHER OPERATION

Tyrlovoy S.I., Zakharchuk A.S., Ilyuhin A.E.

Показана проблема – как определить предельную степень износа плунжерной пары ТНВД распределительного типа (на основе экспериментальных данных), чтобы принять решение о его замене или о целесообразности настройки аппаратуры с учетом степени износа имеющейся плунжерной пары, поскольку и противном случае не удастся получить достаточного послеремонтного ресурса насоса. Задача осложняется тем, что отсутствуют специальные стенды и методики для прямого определения плотности плунжерных пар зарубежных распределительных топливных насосов. Измерение при полном выходе дозатора величины максимального давления ($P_{\max}$), создаваемого плунжерной парой на стартерных режимах, как принято для многоплунжерных насосов, не может дать полной информации для принятия решения, поскольку в данных ТНВД $P_{\max}$ будет зависеть от результатов настройки.

Предложен метод, позволяющий определить, требуется ли для восстановления характеристик ТНВД замена плунжерной пары или нет. Сущность метода заключается в определении на пусковых режимах данного ТНВД среднего наклона кривых, выражающих зависимость цикловой подачи ($V_{\text{ц}}$) от давления начала открытия форсунки ($P_{\text{ф}}$). В результате проведения испытаний по разработанной методике определяется коэффициент ресурса K_R пропорциональный остаточному ресурсу R плунжерной пары. При значении $K_R > 0,3 \dots 0,37$ ($R < 100$ тыс. км) возможно выполнить настройку ТНВД для увеличения остаточного ресурса в 1,5...2 раза, при больших значениях K_R следует заменить плунжерную пару.

Ключевые слова: цикловая подача, топливный насос высокого давления, гидравлическая плотность плунжерной пары, давление открытия форсунки.

Введение. Износ деталей топливных насосов высокого давления (ТНВД) дизелей в процессе эксплуатации приводит к ухудшению технико-экономических показателей транспортных установок с дизельными двигателями. Это предопределяет необходимость периодического восстановления характеристик ТНВД. В одних случаях ограничиваются только настройкой аппаратуры, в других – ремонтом с приобретением запасных частей. Известно, что топливная аппаратура современных автомобильных дизелей, определяющая важнейшие эксплуатационные показатели транспортного средства, имеет

значительную стоимость. В большей мере последнее относится к автомобилям зарубежного производства, которые в настоящее время составляют значительную часть отечественного автомобильного парка. Из запасных частей наиболее дорогостоящими являются плунжерные пары, причем наиболее высокую стоимость имеют плунжерные пары распределительных ТНВД дизелей зарубежного производства. Поэтому актуальным является возможность такой настройки ТНВД, при которой срок его эксплуатации без замены плунжерных пар оказался бы максимальным.

Названные настройки ТНВД с частично изношенными плунжерными парами возможны и целесообразны лишь до определенной степени износа, поскольку в противном случае не удастся получить приемлемые характеристики и ресурс топливной аппаратуры. Поэтому во многих случаях важно решить следующую задачу – как определить предельную степень износа плунжерной пары ТНВД распределительного типа, чтобы принять решение о его замене или о целесообразности настройки аппаратуры с учетом степени износа имеющейся плунжерной пары, поскольку и противном случае не удастся получить достаточного послеремонтного ресурса насоса. Задача осложняется тем, что отсутствуют специальные стенды и методики для прямого определения плотности плунжерных пар зарубежных распределительных топливных насосов. Измерение при полном выходе дозатора величины максимального давления ($P_{\max}$), создаваемого плунжерной парой на стартерных режимах, как принято для многоплунжерных насосов, не может дать полной информации для принятия решения, поскольку в данных ТНВД $P_{\max}$ будет зависеть от результатов настройки для восстановления характеристик ТНВД. Поэтому приходится выполнять настройку насоса, не зная конечного результата, вследствие чего в части случаев будет требоваться замена плунжерной пары и трудозатраты на настройку окажутся потерянными.

Анализ последних исследований и публикаций. Процесс настройки ТНВД с частично изношенными плунжерными парами для получения

приемлемых эксплуатационных характеристик представляет собой отдельную, иногда достаточно сложную задачу, решаемую для распределительных насосов BOSCH -VE подбором оптимальных параметров центробежного регулятора частоты вращения и элементов дозирования [1-3]. Возможны, также, варианты настройки, связанные с применением на данном двигателе иной модификации ТНВД, что одновременно может оказаться полезным для повышения ресурса [4] топливной аппаратуры. Здесь используется то обстоятельство, что ресурс рассматриваемой топливной аппаратуры определяется пусковыми характеристиками (возможностью запуска), поскольку остальные скоростные характеристики ТНВД практически не зависят от гидравлической плотности плунжерной пары [5]. Следует также отметить, что пусковые качества относятся к важнейшим эксплуатационным показателям дизелей. Невозможность или затрудненность запуска транспортного дизеля бортовыми средствами пуска приводит к существенному ухудшению эффективности эксплуатации транспортного средства [6], а в некоторых условиях - к невозможности его эксплуатации.

Цель статьи – получить критерий, численное значение которого позволяет определить остаточный ресурс плунжерной пары. Это позволяет обоснованно принять решение – требуется ли для восстановления характеристик ТНВД замена плунжерной пары или нет.

Изложение основного материала. Сущность метода заключается в определении на стартерных режимах данного двигателя среднего наклона кривых, выражающих зависимость цикловой подачи ($V_{ц}$) от давления начала открытия форсунки ($P_{ф}$). На рис. 1 показаны графики для ТНВД, имеющих различный износ плунжерных пар (износ насоса №2 больше чем насоса №1).

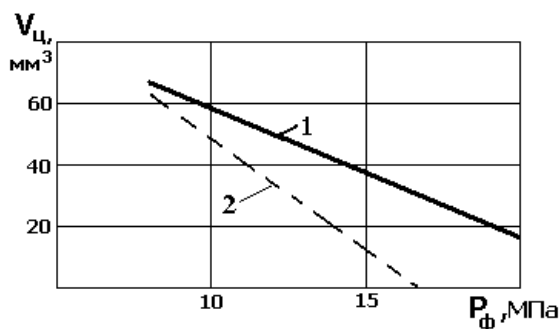


Рис. 1. Зависимость величины цикловой подачи топлива при пуске от давления начала открытия форсунки

Из приведенных графиков видно, что с увеличением $P_{ф}$ величина $V_{ц}$ падает для различных ТНВД с неодинаковой крутизной. Аналогичными свойствами обладают также зависимости $V_{ц}$ от частоты вращения (n) и $V_{ц}$ от температуры топлива (t°) и деталей насоса (рис. 2).

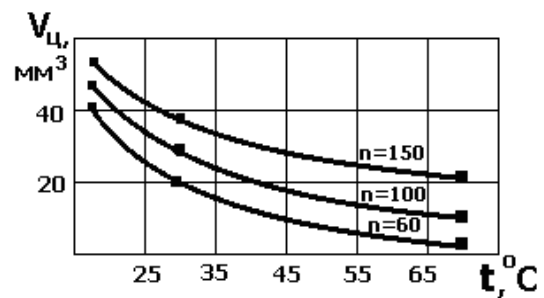


Рис. 2. Зависимость величины цикловой подачи топлива при пуске от частоты вращения (n) и от температуры топлива (t°)

Однако, использование этих зависимостей ($V_{ц}(n)$ и $V_{ц}(t^{\circ})$) менее желательно для диагностирования, ввиду следующего. При увеличении пусковой частоты вращения (что для многих ДВС невозможно) могут сказаться погрешности от различий в работе регулятора при малых частотах вращения. При изменении температуры топлива, значительно возрастает трудоемкость испытаний. Кроме того, приведенные зависимости показывают, что результат измерений пусковой подачи топлива является существенно зависимым от стартерной частоты вращения насоса и температуры (или более широко – вязкости) топлива. Поэтому эксперименты в рамках настоящей работы проводились, (что может быть и не бесспорно) только при стартерной частоте 100 мин^{-1} и использовании дизельного топлива вязкостью 4сСт при температуре 20°C .

Предложенный метод позволяет прогнозировать остаточный ресурс ТНВД как на данный момент, так и после выполнения работ по восстановлению характеристик топливного насоса с учетом гидравлических характеристик применяемых форсунок. Метод основан на анализе пусковых характеристик ТНВД, имеющих различную наработку и, соответственно, различный износ плунжерных пар. Проведенные эксперименты, в частности, показали, что характеристика $V_{ц}(P_{ф})$ близка к линейной вне зависимости от величины износа плунжерных пар. Часть результатов исследований пусковых характеристик названных ТНВД с диаметром плунжера 9 мм для 4-х цилиндровых дизелей объемом 1,6 литра показана на рис. 3.

Анализ результатов экспериментов позволил установить, что величина износа плунжерной пары определяется крутизной характеристики $V_{ц}(P_{ф})$, а отрезок, отсекаемый на оси ординат ($V_{ц0}$ при замере на штуцере высокого давления насоса с нулевой величиной давления открытия форсунки, т.е. при $P_{ф}=0$) определяет степень форсировки (специальной настройки) ТНВД по величине пусковой подачи топлива.

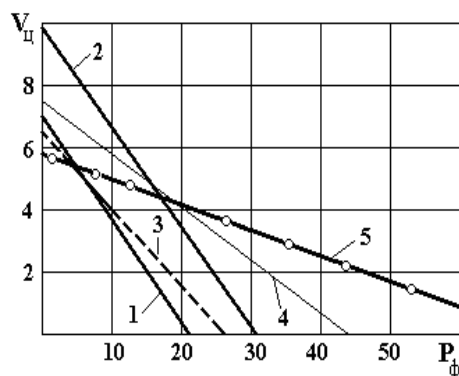


Рис. 3. Зависимость пусковой подачи топлива ТНВД BOSCH-VE от давления открытия форсунки и пробега автомобиля

1 – пробег на автомобиле (наработка) 400 тыс. км – до настройки ТНВД; 2 – то же после настройки ТНВД; 3 – наработка 450 тыс. км; 4 – ТНВД с наработкой 300 тыс. км; 5 – новый ТНВД (без пробега)

Результаты исследования. На рис. 4. показана зависимость угла наклона расходных характеристик ТНВД $V_{ц}/P_{ф}$ от величины пробега легкового автомобиля.

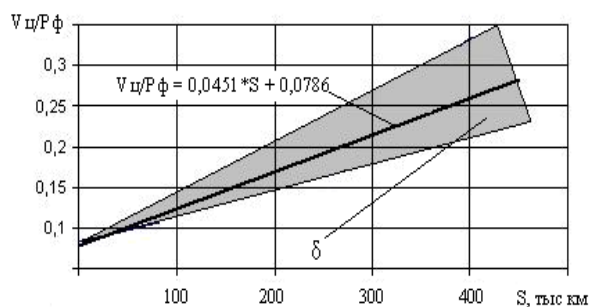


Рис. 4. Зависимость угла наклона расходных характеристик ТНВД $V_{ц}/P_{ф}$ от величины пробега (S) легкового автомобиля

δ – Разброс показаний из-за различных условий эксплуатации и производителя ТНВД; $V_{ц}/P_{ф} = 0,0451 * S + 0,0786$ – аппроксимация опытных данных

Названная выше степень форсирования ($K_{ф}$), зависящая от настройки элементов дозирования и центробежного регулятора частоты вращения, вычисляется как отношение $V_{цф}$ (при $P_{ф}$) к предельно возможному значению $V_{ц0}$. Это значение зависит от диаметра плунжерной пары (d_n), примененной кулачковой шайбы (S_n) и активного хода плунжера на стартерных режимах, полученного в результате предельной настройки ТНВД (максимальная степень форсировки). Величины предельных цикловых подач ($V_{ц0}$) топлива на стартерных режимах при достижении максимальной степени форсировки приведены в табл. 1.

Так, например, по данным рисунка 3 для кривой 1 степень форсирования по пусковой подаче

вычисляется как: $K_{ф1} = \frac{70}{100} = 0,7$, а для кривой 2 (тот же ТНВД после настройки на форсированный пусковой режим): $K_{ф2} = \frac{97}{100} = 0,97$. При таком значении $K_{ф}$ дальнейшее увеличение пусковой подачи топлива настройкой невозможно из-за исчерпания возможных конструктивных мероприятий применительно к данному насосу.

Таблица 1

Максимальные цикловые подачи топлива при $P_{ф}=0$ на стартерном режиме

D_n , мм	8	9	10	11	12
S_n , мм	2,2	2,2	2,2	2,2	2,5
$V_{ц0}$, мм ³	65	80	100	120	160

Для рассматриваемых распределительных насосов, как видно из расположения кривых 1 и 2 (рис. 3), величина P_{max} – легко доступный диагностический параметр – определяется не только плотностью (величиной износа) плунжерной пары, но и качеством настройки ТНВД.

С учетом линейности зависимости $V_{ц}(P_{ф})$ для ее построения достаточно провести всего 2 замера $V_{ц}$ на стартерном режиме: первый – при $P_{ф}=0$ и второй – при любом значении $P_{ф}$ или определить P_{max} . Используя эти результаты и данные таблицы, можно прогнозировать после настройки ТНВД величины P_{max} и пусковой подачи топлива при любом значении $P_{ф}$, в том числе и для примененного для эксплуатации конкретного двигателя ($P_{фэ}$). Если принять отбраковочное значение $P_{max} > 30$ МПа, то можно заранее определить, удастся ли настроить ТНВД без замены плунжерной пары и получить $P_{max} \geq 30$ МПа. Так, для ТНВД с характеристикой 1 (при этом $P_{max} = 20,5$ МПа) можно получить прогнозируемое давление P'_{max} как:

$$P'_{max} = P_{max}/K_{ф} = 20,5/0,7 = 30,1 \text{ МПа},$$

то есть, ТНВД №1 можно после настройки продолжить эксплуатировать без замены плунжерной пары.

Возникает вопрос об остаточном ресурсе данного ТНВД в исходном состоянии, или после его должной настройки. От этого также будет зависеть целесообразность замены плунжерной пары. В настоящей работе делается попытка ответить на этот вопрос следующим образом. Используя данные, приведенные на рис. 3, можно определить остаточный ресурс каждого ТНВД как разницу между первоначальным ресурсом и наработкой (пробегом автомобиля) в процессе эксплуатации. Как видно из рисунка 3 с увеличением наработки (т.е. с увеличением износа) наклон характеристик $V_{ц}(P_{ф})$ растет, пропорционально падают значения P_{max} и пусковой подачи топлива. Следовательно,

расположение кривых $V_{ц}(P_{ф})$ в координатах рисунка 3 связано с остаточным ресурсом ТНВД. С другой стороны расположение названных кривых можно характеризовать 2-мя параметрами: угловым коэффициентом и величиной отрезка, отсекаемого зависимостью $V_{ц}(P_{ф})$ на оси ординат. При этом важное значение имеет и такой третий параметр, как абсолютное значение цикловой подачи топлива при пуске, которое нормируется заводом-изготовителем для каждого двигателя. В качестве критерия, учитывающего три названных параметра, а значит и остаточный ресурс ТНВД, мы приняли следующий:

$$K_R = \frac{tg\psi}{K_{\phi}} \cdot (V_{ц}/V_{цном})^m,$$

где $V_{ц}$ – цикловая подача топлива при пуске для данного ТНВД при $P_{ф}=P_{фэ}$, $P_{фэ}$ – штатное значение давления открытия форсунки. ψ – угол наклона характеристики $V_{ц}(P_{ф})$ с использованием соответствующих размерностей [см³/МПа]. Информативность критерия K имеет место, если значение $V_{фэ}$ больше минимально допустимой величины пусковой подачи ($V_{доп}$) для данного двигателя. Показатель степени $m = 0,3$ подбирался для лучшей аппроксимации опытных данных.

Полученное значение критерия будет характеризовать пробег и остаточный ресурс всех ТНВД одинаковой размерности, поскольку в формулу входят абсолютные значения величин давления открытия форсунок, соответствующих объемных подач топлива параметра $K_{ф}$, характеризующего настройку ТНВД по величине пусковой подачи топлива.

Выполнив обработку опытных данных (см. рисунок 3) мы получили зависимость искомой величины критерия K_R в зависимости от остаточного ресурса (R) ТНВД, показанную на рисунке 5.

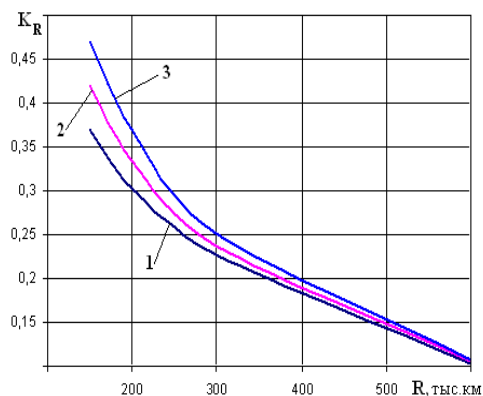


Рис. 5. Зависимость величины критерия K_R в зависимости от остаточного ресурса (R)

1 – исходный диагностируемый ТНВД (не бывший в ремонте и не подвергавшийся настройке); 2 – при настройке форсунок; 3 – совместная настройка ТНВД и форсунок

Опытные данные имеют заметный разброс, поэтому удобнее пользоваться результатами

линейной аппроксимации полученных данных методом наименьших квадратов (рисунок 6).

На рис. 7 показаны экспериментальные данные, иллюстрирующие возможность увеличения остаточного ресурса плунжерной пары (ΔR) путем должной настройки элементов топливной аппаратуры (топливного насоса и форсунок).

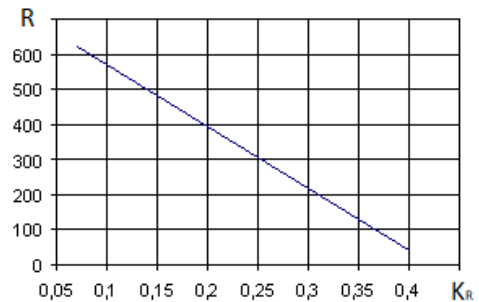


Рис. 6. Результаты линейной аппроксимации опытных данных

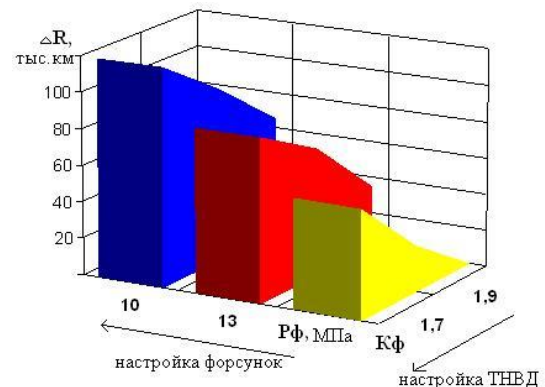


Рис. 7. Иллюстрация возможности увеличения остаточного ресурса ТНВД путем должной настройки топливной аппаратуры автомобильного дизеля

Выводы. Таким образом, для ТНВД данного типа можно обоснованно принять решение о замене плунжерной пары. Целесообразность восстановления пусковых характеристик плунжерной пары путем настройки данного ТНВД (без замены плунжерной пары) для получения надежного запуска определяется исходя из данных, приведенных на рисунке 6. Стоимость эксплуатационных затрат на топливную аппаратуру в этих случаях может быть уменьшен по предварительным оценкам на 15...25%.

Литература

1. Тырловой С.И. Влияние эксплуатационных факторов на характеристики топливной аппаратуры дизелей / С.И.Тырловой // Вестник ВГУ им. В. Даля. – 2005, №6(88). – С. 149-154.
2. Тырловой С.И. Восстановление характеристик топливных насосов автомобильных дизелей изменением параметров центробежного регулятора / С.И. Тырловой // Вестник НТУ «ХПИ» – 2001, №2. – С. 44-50.
3. Тырловой С.И. Влияние физических свойств топлива и условий эксплуатации на величину цикловой подачи высокооборотного автомобильного дизеля /

С.И.Тырловой // Вестник ВНУ им. В. Даля. – 2010, № 6 (148). – С. 10-14.

4. Тырловой С.И. Адаптация распределительных топливных насосов BOSCH-VE к двигателям различного типа и размерности / С.И.Тырловой // Вісник СНУ.–2001, частина друга, №6(40) –С. 193-196.

5. Крайнюк А.И. Оценка возможности повышения ресурса топливной аппаратуры автомобильных вихрекамерных дизелей снижением энергозатрат в процессе впрыска топлива / А.И. Крайнюк, С.И.Тырловой, И.П.Васильев // Праці Таврійської агротехнічної академії, Вип. 2, Том 14, Мелітополь – 2000р., – С. 18-25.

6. Тырловой С.И. Повышение ресурса распределительных топливных насосов увеличением плотности узла дозатор-плунжер / Тырловой С.И., Кирсанов А.Н // Доклады международного симпозиума «Авиационная космическая техника и технология», Вып. 19 // ХАИ, Харьков. – 2000. – С. 271-274.

**Tyrlovoi S.I., Zakharchuk A.S., Ilyuhin A.E.,
DETERMINATION OF THE SUITABILITY OF PLUG
PAIRS OF DISTRIBUTION HPFP FOR FURTHER
OPERATION**

The problem is shown – how to determine the limiting degree of wear of the plunger pair of the injection pump of the distribution type (based on experimental data) in order to make a decision on its replacement or on the advisability of adjusting the equipment, taking into account the degree of wear of the existing plunger pair, since otherwise it will not be possible to obtain a sufficient post-repair repair. pump life. The task is complicated by the fact that there are no special stands and methods for directly determining the density of plunger pairs of foreign distribution fuel pumps. Measurement at the full output of the dispenser of the maximum pressure value (P_{max}) created by the plunger pair in starter modes, as is customary for multi-plunger pumps, cannot provide complete information for making a decision, since in the high-pressure fuel pump data, P_{max} will depend on the tuning results.

A method has been proposed to determine whether the replacement of the plunger pair is required to restore the characteristics of the injection pump or not. The essence of the method lies in determining the average slope of the curves in the starting modes of this high-pressure fuel pump, expressing the dependence of the cyclic supply (V_c) on the pressure at the beginning of the nozzle opening (P_f). As a result of testing

according to the developed method, the resource coefficient K_R is determined, which is proportional to the residual resource R of the plunger pair. With a value of $K_R > 0.3 \dots 0.37$ ($R < 100$ thousand km), it is possible to adjust the high-pressure fuel pump to increase the residual life by 1.5 ... 2 times, for large values of K_R , the plunger pair should be replaced.

Key words: cyclic supply, high-pressure fuel pump, hydraulic density of the plunger pair, nozzle opening pressure.

Тырловой Сергей Иванович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Двигатели внутреннего сгорания», ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

E-mail: tyrlovoy.si@mail.ru

Tyrlovoy Sergey Ivanovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Internal Combustion Engines, SEE HT LPR «Luhansk Vladimir Dahl State University».

Захарчук Александр Сидорович, докт. техн. наук, профессор кафедры «Электроэнергетика», ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

E-mail: ass_zaharchf@mail.ru

Zakharchuk Alexander Sidorovich, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Power Engineering, SEE HT LPR «Luhansk Vladimir Dahl State University».

Илюхин Алексей Евгеньевич, студент гр. ТЛ-821м кафедры «Двигатели внутреннего сгорания», ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

Ilyuhin Alexey Evgenievich, student gr. TL-821m of the department “Internal combustion engines”, SEE HT LPR «Luhansk Vladimir Dahl State University».

Рецензент: Семин Дмитрий Александрович, д.т.н., профессор ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 30.11.2022

УДК 621.833

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛОКАЛЬНОЙ КИНЕМАТИКИ И НЕКОТОРЫХ АСПЕКТОВ ГИДРОДИНАМИКИ ПРИ КОНТАКТЕ ЗУБЬЕВ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ АРОЧНЫХ ПЕРЕДАЧ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ ЗАЦЕПЛЕНИЯ

Малый Д.В., Тарашчанский М.Т., Чалая Е.Ю.

INVESTIGATION OF LOCAL KINEMATICS AND SOME ASPECTS OF HYDRODYNAMICS AT THE CONTACT OF TEETH OF CYLINDRICAL ARCH GEARS OF VARIOUS GEARING SYSTEMS

Maliy D.V., Tarashchanskii M.T., Chalaya E.U.

Построена система комплексных критериев работоспособности арочных цилиндрических передач смешанного зацепления. Эти критерии служат для оценки нагрузочной способности передач зацеплением. Проанализированы геометро-кинематические критерии, определяющие локальную кинематику и гидродинамические явления в зоне контакта. Опираясь на построенную систему критериев, выполнено численное сравнительное исследование арочных зубчатых передач различных систем зацепления по всем комплексным критериям.

Ключевые слова: арочная зубчатая передача, критерии работоспособности, комплексные критерии, смешанное зацепление, математическая модель, сравнительный анализ.

Введение. Важным этапом проектирования современных сложных технических систем является построение адекватной математической модели процесса, представляющей собой совокупность взаимосвязанных объектов и геометрических параметров. Сложившаяся методология математического моделирования позволяет проектировать и анализировать достаточно сложные динамические системы, в частности, как традиционные, так и альтернативные виды зубчатых зацеплений [1, 2].

Альтернативу традиционным видам зацепления могут составить арочные передачи смешанного зацепления, имеющие потенциал для повышения нагрузочной способности зубчатой передачи, а значит, для совершенствования всего механизма в целом.

Актуальность исследования. Создание зубчатых передач с высокими показателями работоспособности обеспечивает совершенствование не только приводов, но и машин в целом, что актуально для современного машиностроения.

В области проектирования, освоения и совершенствования цилиндрических арочных передач проделана большая работа [2, 3, 4, 7]. Однако, вопросы повышения качества не теряют своей актуальности, особенно для передач смешанной системы зацепления.

Цель статьи – построить и проанализировать систему комплексных критериев работоспособности цилиндрической арочной зубчатой передачи смешанного зацепления; выполнить сравнительный анализ арочных передач различных систем зацепления по данным критериям.

Изложение основного материала. Геометрия зубчатых передач данного класса определяется двумя основными кривыми [3, 6] (рис. 1): кривой, описывающей исходный контур (ИК), и продольной кривой, расположенной по ширине зубчатого венца. Если считать, что продольная форма зубьев определена, а исходный контур описывается дифференцируемыми функциями f_1, f_2 (для головки зуба) и Φ_1, Φ_2 (для ножки зуба), то, определив их путем синтеза [5], будем иметь геометрию режущего инструмента [7].

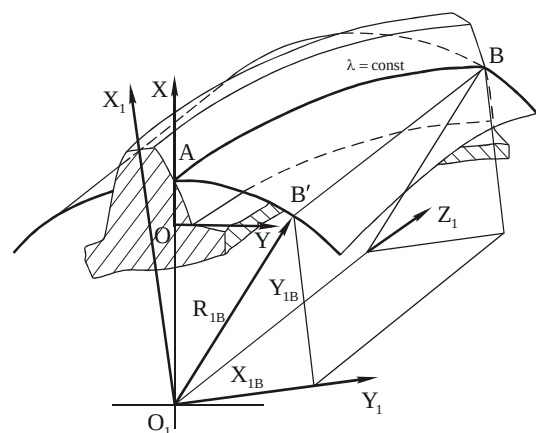


Рис. 1. Кривые, определяющие зацепление в арочной передаче с произвольной линией зуба

Геометрия ИК [3, 4] является также основой для решения вопросов определения качества передач зацеплением. Работоспособность зубчатых передач оценивается двумя группами критериев: геометро-кинематические и комплексные. Первая группа [2, 4] характеризует локально-кинематические и

гидродинамические явления в зоне контакта, нагрузочную способность передач в целом.

К ним относятся:

1) *Относительная скорость скольжения* $V_{ск}$. Ее увеличение ведет к усилению трения, увеличению потерь в зацеплении, к увеличению износа поверхностей зубьев, и как следствие уменьшению КПД передачи. Поэтому при синтезе ее значения должны быть сведены к минимальным.

2) *Суммарная скорость* V_{Σ} перемещения точек контакта складывается из скоростей качения сопряженных поверхностей зубьев шестерни и колеса $V_{\Sigma} = V_1 + V_2$. При ее увеличении улучшаются условия контактирования зубьев.

3) *Приведенная кривизна* $\bar{\chi}_{np}$ – один из основных критериев работоспособности передач, зависящий от геометрии зацепления. Чем меньше приведенная кривизна, тем больше площадка контакта, тем меньше контактный износ. Она влияет на все комплексные критерии, в частности, на контактную прочность.

4) *Удельные скольжения* η_1 и η_2 шестерни и колеса также зависят от геометрии зубьев, в частности от вида ИК. Эти коэффициенты применяют для более объективной оценки приработки зубьев. При синтезе геометрии ИК их величины должны быть как можно меньше, так как иначе будут усиливаться трение, износ, уменьшаться КПД передачи.

5) *Угол* ν между вектором относительной скорости и направлением контактной линии оказывает влияние на нагрузочную способность и формирование масляного клина между контактирующими поверхностями. Передачи с большим углом обладают более высокой нагрузочной способностью.

Аналитические зависимости для этих критериев получены и проанализированы для передач в обобщенных параметрах [4, 6], в частности для арочных передач смешанного зацепления с круговой продольной линией зуба [3], для арочных передач с зацеплением Новикова [2].

Рассмотрим подробнее вторую группу критериев.

Температурный критерий заедания характеризует мгновенное повышение температуры в зоне контакта. При его увеличении снижается теплостойкость рабочих поверхностей зубьев, что мешает стабильной работе зубчатой пары.

Для определения теплостойкости рабочих поверхностей в зоне контакта необходимо определить значение температуры поверхностей. Но для сравнительной оценки различных передач можно использовать значение мгновенного повышения температуры в зоне контакта [4, 6] (для головки и ножки соответственно):

$$K_{zf} = 1,84 f q_n^{0,15} \frac{V_{скf}}{\sqrt{V_{1f}} - \sqrt{V_{2f}}} \chi_{npf}^{0,25}, \quad (1)$$

$$K_{z\phi} = 1,84 f q_n^{0,15} \frac{V_{ск\phi}}{\sqrt{V_{1\phi}} - \sqrt{V_{2\phi}}} \chi_{np\phi}^{0,25}.$$

где $V_{скf}$, $V_{ск\phi}$ – относительная скорость скольжения рабочих поверхностей зубьев; V_{if} , $V_{i\phi}$ – скорости движения точки контакта по поверхности зубьев шестерни ($i=1$) и колеса ($i=2$) в направлении, перпендикулярном линии мгновенного контакта; f – коэффициент трения скольжения в зоне контакта зубьев [4, 6] (для головки и ножки соответственно):

$$f_f = \frac{0,09 q_{nf}^{0,1} \left[10 + \lg \left(\frac{HB \cdot R_a \cdot \chi_{npf}}{E_{np}} \right) \right] \chi_{npf}^{0,25}}{\nu_{\kappa}^{0,07} V_{\Sigma f}^{0,1} V_f^{0,35}}, \quad (2)$$

$$f_{\phi} = \frac{0,09 q_{n\phi}^{0,1} \left[10 + \lg \left(\frac{HB \cdot R_a \cdot \chi_{np\phi}}{E_{np}} \right) \right] \chi_{np\phi}^{0,25}}{\nu_{\kappa}^{0,07} V_{\Sigma \phi}^{0,1} V_{\phi}^{0,35}},$$

где q_{nf} , $q_{n\phi}$ – нагрузка на единицу длины контактной линии ($кз/см$); HB – твердость менее твердого из контактирующих зубьев ($кз/см^2$); R_a – шероховатость более твердого из контактирующих зубьев ($см$); E_{np} – приведенный модуль упругости материалов зацепляющихся колес ($кз/см^2$); χ_{npf} , $\chi_{np\phi}$ – приведенная кривизна контактирующих поверхностей ($1/см$); ν_{κ} – вязкость масла ($сСм$); $V_{\Sigma f}$, $V_{\Sigma \phi}$ – суммарная скорость качения рабочих поверхностей зубьев ($см/с$); V_f , V_{ϕ} – проекция скорости скольжения на перпендикуляр к линии контакта зубьев ($см/с$); ν_f , ν_{ϕ} – угол между вектором относительной скорости и направлением линии контакта.

Проекция скорости скольжения на перпендикуляр к линии контакта зубьев равна (для головки и ножки соответственно):

$$V_f = V_{скf} \sin \nu_f, \quad V_{\phi} = V_{ск\phi} \sin \nu_{\phi}. \quad (3)$$

Нагрузка q_n при постоянном значении контактного напряжения на всей длине мгновенных контактных линий (для головки и ножки соответственно):

$$q_{nf} = \frac{T_{1f}}{\chi_{npf} R_1 \cdot \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \frac{\sqrt{E_i}}{\chi_{npf}} \cdot \frac{f'_1 \cos \beta}{n_f} d\lambda},$$

$$q_{n\Phi} = \frac{T_{1\Phi}}{\chi_{np\Phi} R_1 \cdot \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \frac{\sqrt{E_i}}{\chi_{np\Phi}} \cdot \frac{\Phi'_1 \cos \beta}{n_\Phi} d\lambda}. \quad (4)$$

Критерий износа рабочих поверхностей. Работа любой зубчатой передачи всегда сопровождается силовым взаимодействием рабочих поверхностей зубьев в условиях их относительного скольжения, следствием чего является их износ. Его можно оценить соответствующим критерием – относительным значением толщины изношенного слоя [4, 6] (для головки и ножки соответственно):

$$h_{uzfi} = I \Omega_u \sqrt{\frac{q_{nf}}{\chi_{npf}}} |\eta_{if}|,$$

$$h_{uz\Phi i} = I \Omega_u \sqrt{\frac{q_{n\Phi}}{\chi_{np\Phi}}} |\eta_{i\Phi}|, \quad (5)$$

где I – интенсивность изнашивания поверхностей; Ω_u – коэффициент, зависящий от свойств смазочного материала и не учитывающий геометрию зубьев; η_{if} , $\eta_{i\Phi}$ – удельные скольжения шестерни ($i=1$) и колеса ($i=2$).

Чем меньше критерий (5), тем меньше износ зубьев. Интенсивность изнашивания приработанных поверхностей оценивается зависимостью [4, 6]:

$$I = K_u \sigma_n f^{t_y}, \quad (6)$$

где K_u – коэффициент, зависящий от упругих свойств и твердости материала зубчатых колес; t_y – параметр кривой фрикционной усталости; σ_n – контактное напряжение по Герцу.

Для сравнительной оценки различных передач можно использовать относительное значение критерия износа в виде:

$$h_{uzi}^* = \frac{h_{uzi}}{K_u \Omega_u} = \sigma_n f^{t_y} \sqrt{\frac{q_n}{\chi_{np}}} |\eta_i|. \quad (7)$$

Здесь q_n – значение удельной нагрузки.

Толщина масляного слоя. Для определения толщины масляного слоя используем зависимость [4, 6] (для головки и ножки соответственно):

$$h_{msf} = 3,17 \mu_0^{0,75} \alpha^{0,6} V_{\Sigma f}^{0,75} \chi_{npf}^{-0,4} q_n^{-0,15},$$

$$h_{ms\Phi} = 3,17 \mu_0^{0,75} \alpha^{0,6} V_{\Sigma \Phi}^{0,75} \chi_{np\Phi}^{-0,4} q_n^{-0,15}, \quad (8)$$

где μ_0 – динамическая вязкость смазки при атмосферном давлении; α – пьезокоэффициент вязкости смазки, зависящий от температуры и контактного напряжения в зоне контакта зубьев.

При сравнительной оценке различных передач будем использовать относительное значение критерия толщины масляного слоя в виде [4, 6]:

$$h_{ms}^* = \frac{h_{ms}}{3,17 \mu_0^{0,75} \alpha^{0,6}} = V_{\Sigma}^{0,75} \chi_{np}^{-0,4} q_n^{-0,15}. \quad (9)$$

Чем больше этот критерий, тем лучше условия контактирования.

Удельная работа сил трения. Чем больше величина работы сил трения на участке контактной линии единичной длины, тем выше теплонапряженность рабочих поверхностей зубьев, что может привести к негативным последствиям в зацеплении.

Удельная работа сил трения определяется зависимостью [4, 6] (для головки и ножки соответственно):

$$dA_{mpfi} = q_{nf} f |\eta_{if}|,$$

$$dA_{mp\Phi i} = q_{n\Phi} f |\eta_{i\Phi}|. \quad (10)$$

Коэффициент потерь в зацеплении. Этот критерий является одним из самых приоритетных при оценке работоспособности и качества зубчатых передач, поскольку характеризует их энергоемкость. Для улучшенных передач он должен быть как можно меньше.

Для зубчатых передач с обобщенной геометрией этот критерий исследован в работе [6]. Однако полученные зависимости не представляются возможным использовать для оценки передач, продольная форма зубьев которых задана кривой, произвольно расположенной в пространстве.

В общем случае коэффициент потерь в зацеплении при $T_1 = const$ равен [4, 6] (для головки и ножки соответственно):

$$\psi_3 = \frac{z_1 A_T}{2\pi T_1}, \quad (11)$$

где z_1 – число зубьев шестерни; A_T – работа сил трения:

$$A_T = \sum_{j=1}^n A_{Tj} = \sum_{j=1}^n \int_{\varphi_{1j}}^{\varphi_{2j}} \frac{\Delta P}{\omega_1} d\varphi, \quad (12)$$

где $\varphi_{1j}, \varphi_{2j}$ – углы поворота шестерни, соответствующие началу и концу фазы многопарного зацепления (рис. 2); ΔP – мощность сил трения на мгновенных контактных линиях при $\varphi_1 = const$.

Мощность сил трения на мгновенных контактных линиях равна:

$$\Delta P = \sum_{j=1}^n \Delta P_j = \sum_{j=1}^n \int_{\lambda_{1j}}^{\lambda_{2j}} q_n \sqrt{E_1} f V_{ck} d\lambda. \quad (13)$$

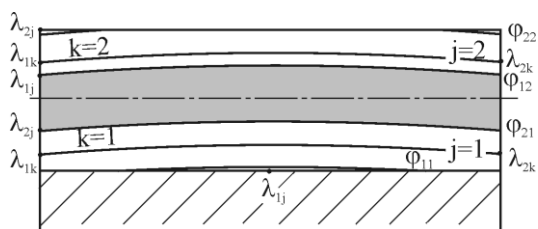


Рис. 2. Фазы зацепления передачи с обобщенной геометрией

Здесь удельная нагрузка q_n определяется зависимостью:

$$q_n = \frac{T_1}{\chi_{np} R_1 \Theta_\Sigma}, \quad (14)$$

где Θ_Σ – суммарное значение критерия контактной прочности по всем мгновенным контактными линиям, соответствующим фазе многопарного зацепления (m – число зубьев, одновременно находящихся в зацеплении):

$$\Theta_\Sigma = \sum_{k=1}^m \Theta_k = \sum_{k=1}^m \int_{\lambda_{1k}}^{\lambda_{2k}} \frac{\sqrt{E_i}}{\chi_{np}} \cdot \frac{f_1' \cos \beta}{n_f} d\lambda. \quad (15)$$

На базе приведенных зависимостей для комплексных критериев работоспособности выполнено сравнительное численное исследование арочных зубчатых передач. Сравнительному анализу в пределах поля зацепления были подвергнуты арочная квазиэвольвентная передача A_1 (в качестве традиционной) и арочная передача A_2 смешанного зацепления, полученная в результате синтеза геометрии по показателям качества.

Геометрические параметры, материал, термическая обработка всех анализируемых передач одинаковые. Исходя из общих требований, при анализе комплексных критериев рассмотрены два варианта передач с арочными зубьями (в зависимости от передаточного отношения). Результаты численного исследования указаны в табл. 1, 2.

Таблица 1

Результаты численного анализа для передач при $R_1 = 9, R_2 = 45$

№	Область поля зацепления	Критерии					
		K_3	$h_{из1}$	$h_{из2}$	h_{mc}	dA_{mp1}	dA_{mp2}
A_1	Вершина зуба шестерни	17 ... 21	18 ... 22	16 ... 27	50 ... 110	2,5 ... 3,5	0,8 ... 1,85
	Околополюсная зона ($f_1 = \pm 0,05$)	2,5 ... 5,5	15 ... 19	3 ... 8	92 ... 165	0,8 ... 1,4	0,09 ... 0,2
	Вершина зуба колеса	19 ... 25	30 ... 120	8 ... 13	145 ... 190	4,5 ... 13	0,3 ... 0,7
A_2	Вершина зуба шестерни	4,5 ... 5	15 ... 18	4,3 ... 6	340 ... 370	2,2 ... 2,5	0,6 ... 0,8
	Околополюсная зона ($f_1 = \pm 0,05$)	2,5 ... 4	6 ... 13	1,5 ... 3	200 ... 260	0,6 ... 1,2	0,1 ... 0,3
	Вершина зуба колеса	6 ... 6,5	26 ... 37	4 ... 5,2	240 ... 340	2,7 ... 3,7	0,4 ... 0,6

Таблица 2

Результаты численного анализа для передач при $R_1 = 9, R_2 = 9$

№	Область поля зацепления	Критерии					
		K_3	$h_{из1}$	$h_{из2}$	h_{mc}	dA_{mp1}	dA_{mp2}
A_1	Вершина зуба шестерни	20 ... 35	60 ... 75	100 ... 350	55 ... 110	2 ... 4,5	14 ... 20,5
	Околополюсная зона ($f_1 = \pm 0,05$)	2 ... 5	30 ... 45	20 ... 45	80 ... 140	0,5 ... 1	0,9 ... 2
	Вершина зуба колеса	18 ... 40	110 ... 250	40 ... 75	65 ... 120	3,5 ... 20	5 ... 8
A_2	Вершина зуба шестерни	14 ... 15	45 ... 50	55 ... 83	230 ... 245	2 ... 4	7 ... 10,5
	Околополюсная зона ($f_1 = \pm 0,05$)	8 ... 10	15 ... 25	12 ... 28	140 ... 240	0,5 ... 1	1 ... 2,4
	Вершина зуба колеса	18 ... 21	85 ... 100	38 ... 42	230 ... 300	4,5 ... 6	3 ... 4

Полученные результаты свидетельствуют о том, что созданная на базе синтезированного ИК передача имеет значительные преимущества по сравнению с традиционными аналогами. Технико-экономический эффект достигается за счет увеличения нагрузочной способности и уменьшения потерь на трении в зацеплении.

Выводы. 1. Построена система комплексных критериев работоспособности цилиндрической арочной зубчатой передачи смешанного зацепления.

2. Выполнено сравнительное численное исследование арочных зубчатых передач различных

систем зацепления.

3. Проведен анализ полученных результатов.

Л и т е р а т у р а

1. Чалая Е.Ю., Краснянская А.В. Особенности математического моделирования сложных технических систем // Материалы IX международной научно-практической интернет-конференции «Современные тенденции развития математики и ее прикладные аспекты – 2020», 29 мая 2020 года. – Донецк, 2020. – С. 45–48.

2. Малый Д.В. Повышение технического уровня арочных цилиндрических передач с зацеплением Новикова многокритериальным геометрическим

синтезом: дисс. ... канд. техн. наук: 50.02.02 / Д.В. Малый. – Луганск, 2004. – 180 с.

3. Чалая Е.Ю. Арочные цилиндрические зубчатые передачи смешанного зацепления с улучшенными критериями работоспособности // Вестник ЛНУ им. В. Даля. – Луганск, 2017. – №1(3), ч.1. – С. 92-97.

4. Шишов В.П., Ткач П.Н., Чалая Е.Ю., Журавлева Т.Е. Геометро-кинематические показатели работоспособности цилиндрических арочных передач смешанного зацепления. Вісник СНУ ім. В. Даля. – №12 (183), ч.2 – Луганск, 2012. – С. 306-315.

5. Шишов В.П., Ткач П.Н., Чалая Е.Ю., Журавлева Т.Е. Дифференциальные уравнения для синтеза геометрии арочных зубчатых передач смешанного зацепления // Вестник НТУ «ХПИ». Серия: Машиноведение и САПР. – Харьков, 2013. – №41. – С. 181-189.

6. Шишов В.П., Носко П.Л., Ревякина О.А. Цилиндрические передачи с арочными зубьями (теория, анализ, синтез): Монография. – Луганск: Изд-во ВНУ им. В. Даля, 2004. – 336 с.

7. Тарашчанский М.Т., Малый Д.В., Чалая Е.Ю. Методика проведения экспериментальных исследований цилиндрических арочных зубчатых передач // Вестник ЛГУ им. В. Даля. – Луганск, 2020. – №11(41). – С. 156-159.

Maliy D.V., Tarashchanskii M.T., Chalaya E.U.

INVESTIGATION OF LOCAL KINEMATICS AND SOME ASPECTS OF HYDRODYNAMICS AT THE CONTACT OF TEETH OF CYLINDRICAL ARCH GEARS OF VARIOUS GEARING SYSTEMS

A system of complex criteria for the operability of arched cylindrical gears of mixed engagement is constructed. These criteria are used to assess the load capacity of gearing gears. The geometrical-kinematic criteria determining local kinematics and hydrodynamic phenomena in the contact zone are analyzed. Based on the constructed system, a numerical comparative study of arched gears of various gearing systems was performed according to all complex criteria.

Keywords: *arched gear, performance criteria, complex*

criteria, mixed gearing, mathematical model, comparative analysis.

Малый Дмитрий Вячеславович, к.т.н., доцент кафедры «Прикладная математика» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля»

E-mail: dmitriy.malyy@gmail.com

Maliy Dmitriy, Candidate of Sciences, a docent of the Chair «Applied mathematics» of SEE HT LPR «Luhansk Vladimir Dahl State University».

Тарашчанский Марк Танкумович, к.т.н., профессор кафедры «Прикладная математика» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля»

E-mail: mark.tarashchanskii@gmail.com

Tarashchanskii Mark, Candidate of Sciences, a Professor of the Chair «Applied mathematics» of State Educational Establishment of Higher Education «Luhansk Vladimir Dahl State University»

Чалая Елена Юрьевна, к.т.н., доцент кафедры «Прикладная математика» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

E-mail: elena_chalaya@mail.ru

Chalaya Elena, Candidate of Sciences, a docent of the Chair «Applied mathematics» of SEE HT LPR «Luhansk Vladimir Dahl State University».

Рецензент: Витренко Владимир Алексеевич, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Технологии машиностроения и инженерного консалтинга» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля»

Статья подана 09.12.2022

УДК 628.16.06

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ОДНОКАНАЛЬНОГО ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ОЧИСТИТЕЛЯ

Чебан В.Г.

DEVELOPMENT OF THE DESIGN OF A SINGLE-CHANNEL HYDRODYNAMIC CLEANER

Cheban V.G.

Предложена конструкция одноканального гидродинамического очистителя жидкости от твердых механических загрязнений, состоящего из цилиндрического корпуса и расположенного в нем фильтроэлемента, пронизаемая боковая поверхность которого вместе с внутренней поверхностью цилиндрического корпуса образуют напорный канал с линейно изменяющейся площадью поперечного сечения в направлении движения жидкости в нем. Отмечены особые свойства данного напорного канала, позволяющие повысить эффективность работы очистителя или расширить область его применения.

Ключевые слова: гидродинамический очиститель, напорный канал, цилиндрический корпус, фильтроэлемент.

Введение. На экологическую обстановку нашего региона значительное воздействие оказывают физические и химические параметры ливневых, промышленных и коммунальных стоков, влияние которых на эффективность работы промышленных и коммунальных предприятий в последнее время становится все определяющим. Наиболее ярко это проявляется в случаях использования современных технологий и средств производства, предъявляющих весьма жесткие требования к качеству и составу технической и технологической воды. Обеспечить такие требования современного производства в достаточной степени стало под силу пока только мембранным технологиям очистки воды, осуществляемым в выносных мембранных аппаратах. Однако надежная работа мембранных аппаратов возможна лишь после предварительной подготовки очищаемой воды, в том числе предусматривающей предварительную очистку воды от твердых загрязнений с размерами частиц более 5 мкм. К сожалению, для достижения столь высокой степени предварительной очистки ничего альтернативного традиционным способам и средствам очистки пока не предложено. По-видимому, поэтому появилась мембранная биореакторная технология очистки воды, которая по сути своей менее требовательная к предварительной подготовке воды и исключаяющая как минимум необходимость ее микрофильтрации, например от 200 до 5 мкм, что позволило расширить возможность эффективного использования в схемах

предварительной подготовки даже известных средств очистки.

Существующие же технологии, например в металлургической промышленности, преимущественно довольствуются технической и технологической водой с тонкостью очистки от 20 до 200 мкм, что под силу гидродинамическим очистителям [1, 2].

Появившаяся в начале 21-го века информация свидетельствует о том, что из всех известных технологий механической очистки воды, так называемая тангенциальная фильтрация, осуществляемая в мембранных напорных модулях, получила наибольшее признание с точки зрения масштабы внедрения при очень высоком качестве продукта. Известно, что именно гидродинамическая очистка основана на принципе тангенциальной фильтрации. Поэтому является логическим поиск эффективных средств очистки и предварительной подготовки воды среди тех из них, которые основаны на гидродинамической очистке. Для очистки маловязких жидкостей, в том числе и воды, предпочтительны неполнопоточные гидродинамические очистители.

Предпочтение ряда потребителей в начале этого века отдано самоочищающимся гидродинамическим очистителям типа «цилиндр в цилиндре» [3]. К известным их преимуществам [4] следует добавить довольно широкий интервал между максимально допустимыми размерами частиц загрязнений в очищаемой воде и фильтрате. Например, в некоторых случаях известных внедрений [3] размер загрязнений в очищаемой воде составлял 30 мм, а в фильтрате – 0,2 мм. В тоже время анализ предподготовки воды показывает, что чем больше этот интервал, тем выше эффективность предподготовки воды, основанная на сокращении числа промежуточных ступеней очистки

Целью данной работы является разработка новой конструкции очистителя, которая позволит расширить допустимый диапазон размеров загрязнений при неизменных других преимуществах гидродинамических очистителей.

Результаты исследований. Существует целый ряд решений для достижения поставленной выше

цели, но они требуют применения дополнительных элементов или средств очистки, одни из которых отмечены в работах [5, 6].

Исследования конструкции очистителя типа «цилиндр в цилиндре» показали, что при необходимых потерях смывной части очищаемой воды именно наличие двух серповидных каналов, в которых осуществляется процесс гидродинамической очистки жидкости от твердых загрязнений, является основной причиной, сдерживающей возможность очистки воды с более крупными по размеру загрязнениями. Если же такая конструкция очистителя будет иметь только один напорный канал, причем с линейно изменяющейся шириной при постоянной его высоте, то это как минимум в 2 раза увеличит ширину выхода из канала при неизменном сливе, что в свою очередь во столько же раз увеличит допустимый размер частиц загрязнений в исходной очищаемой воде, без каких либо ухудшений других параметров работы очистителя.

На рис. 1 и 2 представлена разработанная конструкция и узлы такого одноканального гидродинамического очистителя.

Очиститель содержит цилиндрический корпус 1, образованный круговым цилиндром 2 с внутренней стенкой радиусом R и плоскими торцевыми крышками 3 и 4. Корпус 1 оборудован тангенциальным входным 5, радиальным сливным 6 и осевым выпускным 7 патрубками. Патрубки 5 и 6 расположены на цилиндрической стенке корпуса как можно ближе друг к другу с целью максимального использования для очистки воды боковой поверхности 8 фильтроэлемента 9, расположенного в корпусе 1 таким образом, что они вместе образуют напорный канал 10, в котором смонтирован запорно-направляющий элемент 11, контактирующий с внутренней стенкой 2 корпуса, торцевыми крышками 3 и 4 и боковой поверхностью 8 фильтроэлемента 9, отделяющий сливной патрубок 5 от входного патрубка 6 и направляющий смывную часть воды в первый из них.

При этом участок 12 боковой поверхности 8 фильтроэлемента 9, расположенный между входным 5 и сливным 6 патрубками, выполнен непроницаемым и постоянного радиуса r_k , а расположенный со стороны подачи воды в канал 10 ее участок 13, ограниченный углом γ , выполнен проницаемым, плоским и перпендикулярным поперечной оси корпуса 1. Основной же участок 14 этой поверхности, ограниченный углом α , выполнен проницаемым и такой формы, которая вместе с внутренней поверхностью радиусом R цилиндра 2 корпуса 1 обеспечивают образование канала 10 с линейно изменяющейся шириной h . Высота канала 10 при этом постоянна, так как образована плоскими, параллельно расположенными, крышками 3 и 4 корпуса 1.

Загрязненную воду под давлением и непрерывным потоком подают во входной патрубок 5, откуда она поступает в канал 10 и движется в нем вдоль проницаемой поверхности 8 фильтроэлемента 9 в сторону сливного патрубка 6. При этом с помощью

дросселя 18 большая ее часть в виде фильтрата, сначала проникает через поверхность 8 в полость фильтроэлемента 9, а далее через выходной патрубок 7 покидает очиститель и направляется потребителю.

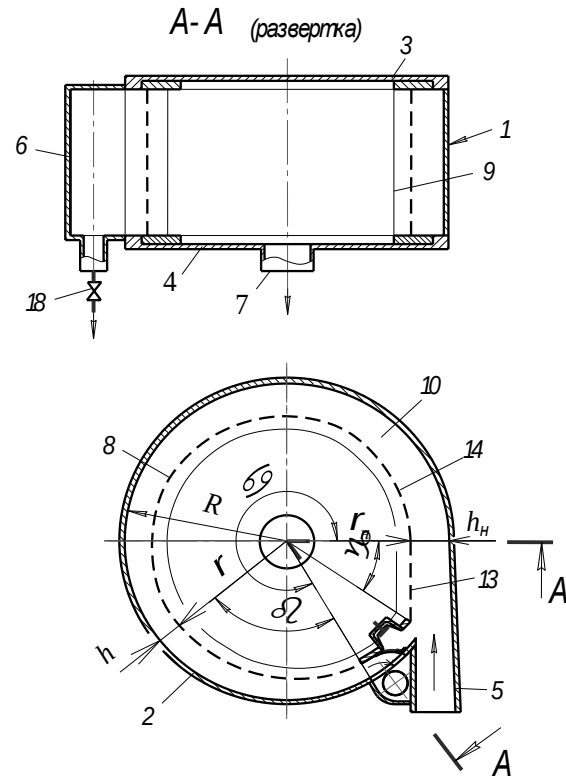


Рис. 1. Одноканальный гидродинамический очиститель

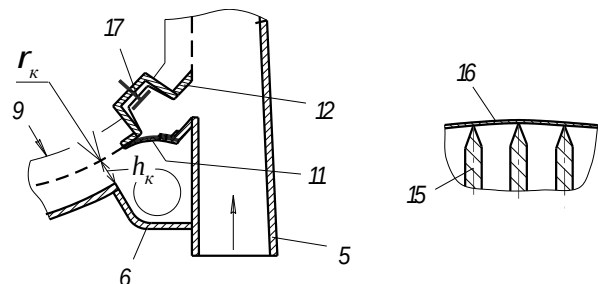


Рис. 2. Узлы одноканального гидродинамического очистителя

Меньшая же часть воды, называемая смывной, продолжает движение в канале 10, где она постепенно обогащается загрязнениями, а затем вместе с ними сначала попадает в сливной патрубок 6, а затем покидает очиститель. Заданное соотношение этих частей воды обеспечивается дросселированием таким образом, чтобы скорость потока воды в канале 10 обеспечивала движение частиц загрязнений только вдоль поверхности 8 и исключала возможность их проникновения через нее вместе с фильтратом, о чем подробно изложено в работах [7, 8].

Известно, что напорные каналы, как и канал 10, с линейно изменяющейся в направлении движения жидкости в нем шириной при постоянной его высоте, то есть с линейно изменяющейся площадью поперечного сечения, обеспечивают постоянство

скорости этого движения. Данное свойство канала 10 обеспечивает ему низкое сопротивление, поэтому и потери давления потока в нем будут незначительные, а фильтрация воды будет осуществляться с постоянной тонкостью очистки по всей поверхности 8 фильтроэлемента 9, что не менее важно, например, при гранулометрическом разделении суспензий.

Наличие одного напорного канала 10 в рассматриваемом очистителе в сравнении с двухканальными очистителями типа «цилиндр в цилиндре», при одинаковых потерях сливаемой части жидкости и неизменных других параметрах обеспечивает увеличение ширины выхода из него в 2 раза. А это означает, что в таком очистителе можно очищать воду с размерами загрязнений во столько же раз большими. Или же при одинаковой ширине выхода из канала в предлагаемом очистителе достигается снижение в 2 раза упоминаемых выше потерь воды и за счет этого значительно повышается производительность очистителя по фильтрату. Как первое, так и второе качество в свою очередь резко расширяют область использования одноканального очистителя.

Каким должен быть очиститель с упоминаемыми выше свойствами показано на рис. 1, а в работе [8] в полной мере изложено как получить канал с линейно изменяющейся площадью поперечного сечения и с постоянной скоростью движения воды в нем. Если же кратко, то все зависит от упоминаемой выше формы проницаемого участка 14 поверхности 8, представленной на рисунке 1, которая в обязательном порядке должна быть образована поточным радиусом, определяемым из выражения

$$r = r_k - h_n \cdot \frac{1-n}{\alpha \cdot n} \cdot \beta ; \quad (1)$$

где $r_k = R - h_n$ – радиус боковой поверхности фильтроэлемента на выходе из канала (рис. 2);

R – радиус внутренней стенки цилиндрического корпуса;

h_n – ширина выхода из напорного канала с линейно изменяющейся шириной, определяемая с учетом максимального размера частиц загрязнений в исходной жидкости;

n – отношение сливной части воды на выходе из канала к ее количеству на входе в напорный канал;

α – угол, определяющий длину канала с линейно изменяющейся шириной;

β – текущее значение угла α в направлении от выхода канала в сторону его входа, то есть от 0 до α .

Однако в случае реализации преимуществ одноканального очистителя, заключающегося в повышении производительности, принятый в работе [8] интервал $n = 0,06 \div 0,2$ следует принимать в 2 раза меньшим. Кроме того, в любом случае общая длина L проницаемой поверхности 8 должна определяться с учетом длины L_n ее плоского проницаемого участка 13, ограниченного углом γ , которая при точном расчете может быть определена из рисунка 1 по известной формуле

$$L_n = \sqrt{r_k^2 - r_n^2} = r_k \cdot \sin \gamma = r_n \cdot \operatorname{tg} \gamma ; \quad (2)$$

где $r_n = R - h_n$ – радиус боковой поверхности фильтроэлемента на входе в канал, с линейно изменяющейся шириной, т.е. в начале участка 14 проницаемой поверхности 8;

h_n – ширина входа в напорный канал с линейно изменяющейся шириной, определяемая с учетом допустимых скоростей течения жидкости в каналах с постоянной продольной скоростью [8].

При предварительном же расчете общую длину L проницаемой поверхности 8 проще определять, как описано в работе [8], то есть по известной формуле при среднем значении поточного радиуса, но с учетом угла γ

$$L = \pi \cdot r_{cp} \cdot \frac{\alpha + \gamma}{180} = \pi \cdot (r_k + r_n) \cdot \frac{\alpha + \gamma}{2 \cdot 180} ; \quad (3)$$

Рекомендуется, за счет наклона наружной боковой стенки входного патрубка 5, ширину тангенциального подвода воды на длине плоского участка 13 поверхности 8 фильтроэлемента 9 принимать линейно изменяющейся, а для облегчения изготовления предложенной формы боковой поверхности 8 использовать описанный в работе [9] известный апробированный опыт. Он предусматривает изготовление корпуса фильтроэлемента 9, изображенного на рисунках 1 и 2, из опорных колец, стяжных стоек и продольных полос 15, расположенных с зазором между собой. Готовый корпус покрывают фильтрующим рукавом 16, плотно облегающим кромки полос 15 за счет использования натяжного устройства 17, расположенного в корыте непроницаемой части 12 боковой поверхности корпуса фильтроэлемента 9.

Многочисленные расчеты показали, что наличие одного канала 10 в сравнении с двумя увеличивает проницаемую поверхность фильтроэлемента 9 примерно на 8-12 %, что позволит повысить производительность очистителя или уменьшить его габаритные размеры и снизить себестоимость.

Выводы. Одноканальный гидродинамический очиститель с цилиндрическим корпусом в сравнении с двухканальными очистителями типа «цилиндр в цилиндре», имеющими одинаковую производительность по входу, более универсальный в использовании, потому что в зависимости от конкретной производственной ситуации он может:

- иметь большую производительность по фильтрату;
- очищать жидкость с более крупными частичками загрязнений в исходной жидкости;
- обладать меньшими габаритами и себестоимостью.

Л и т е р а т у р а

1. Финкельштейн З.Л. Гидродинамическая очистка жидкостей в Польше / З.Л. Финкельштейн, З. Васыльченко // Вестник МАНЭБ, № 7 (55). – С.-Пб., 2002. – С. 95-97.
2. Финкельштейн З.Л. Совершенствование способов очистки сточных вод, сбрасываемых в водоемы /

З.Л. Финкельштейн, В.А. Давиденко, И.Н. Кучин // Вестник МАНЭБ. Т.8, № 5 (65). – СПб, 2003. – С. 83-85.

3. Финкельштейн З.Л. Опыт применения фильтров сверхвысокой производительности для очистки промышленных стоков / З.Л. Финкельштейн, Л.З. Финкельштейн // Вестник МАНЭБ. Т. 8, № 5 (65). – СПб, 2003. – С. 94-97.

4. Чебан В.Г. Преимущества, недостатки и перспективы самоочищающихся очистителей жидкостей // Сборник научных трудов ДонГТУ. Вып. 30 – Алчевск: ДонГТУ, 2010. – С. 177-183.

5. Пат. № 48715 Україна, МПК B01D29/00, 29/76, 35/22. Самоочисний фільтр / Бондаренко В.П.; заявник і патентовласник Бондаренко В.П. – №2001117881; заявл. 19.11.01; опубл. 15.08.02, Бюл. № 8.

6. Пат. № 80483 Україна, МПК B01D29/00, 29/88, 35/22 Очистник потоку рідини від механічних домішок / Чебан В.Г., Бондаренко В.П.; заявник і патентовласник Чебан В.Г., Бондаренко В.П. – №a200511223; заявл. 28.11.05; опубл. 25.09.07, Бюл. № 15.

7. Пат. № 64598 Україна, МПК B01D37/00. Спосіб очищення рідин від механічних домішок у потоці / Бондаренко В.П.; заявник і патентовласник Бондаренко В.П. – №2003076535; заявл. 14.07.03; опубл. 15.07.05, Бюл. № 7.

8. Чебан В.Г. Практический расчет фильтроэлемента с грушеобразным профилем фильтрующей поверхности очистителя маловязких жидкостей // Сборник научных трудов ДонГТУ. Вып. 31 – Алчевск: ДонГТУ, 2010. – С. 115-126.

9. Пат. № 64599 Україна, МПК B01D29/11 Фільтроелемент очисника рідин // Бондаренко В.П.; заявник і патентовласник Бондаренко В.П. – №2003076547; заявл. 14.07.03; опубл. 15.12.05, Бюл. № 12.

Cheban V.G.

DEVELOPMENT OF THE DESIGN OF A SINGLE-CHANNEL HYDRODYNAMIC CLEANER

A design is proposed for a single-channel hydrodynamic cleaner of the liquid from solid mechanical impurities, consisting of a cylindrical body and a filter element located in it, the permeable side surface of which, together with the inner surface of the cylindrical body, forms a pressure channel with a linearly changing cross-sectional area in the direction of fluid movement in it. The special properties of this pressure channel are noted, which make it possible to increase the efficiency of the cleaner or expand its scope.

Key words: hydrodynamic cleaner, pressure channel, cylindrical body, filter element.

Чебан Виктор Григорьевич, к.т.н., доцент, заведующий кафедры прикладной гидромеханики имени З.Л. Финкельштейна ГОУ ВО ЛНР «Донбасский государственный технический институт», г. Алчевск.

E-mail: edvik2010@yandex.com

Cheban Viktor Grigorovych, Candidate of Sciences, associate professor, head of the Chair of Applied Hydromechanics named after Z.L. Finkelstein, State Educational Establishment of Higher Education «Donbass State Technical Institute», city Alchevsk.

Рецензент: Рутковский Юрий Александрович, кандидат технических наук, профессор кафедры прикладной гидромеханики имени З.Л. Финкельштейна ГОУ ВО ЛНР «Донбасский государственный технический институт».

Статья подана 07.12.2022

ДРУГИЕ НАПРАВЛЕНИЯ НАУКИ

УДК 130.2:572

ЭСТЕЗИС СОЦИОКУЛЬТУРНОЙ НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ
В СОВЕТСКОЙ ГОРОДСКОЙ ПРОЗЕ 60-80-Х ГОДОВ

Артемова Ю.А.

AESTHESIS OF SOCIOCULTURAL INCERTITUDE IN SOVIET TOWN
PROSE OF 60-80-TH YEARS

Artemova Ju.A.

Статья посвящена эстетическому осмыслению и выражению темы социокультурной неопределённости в советской городской художественной прозе 60-80-х годов. Социокультурная неопределённость представляет из себя социокультурное состояние субъекта, поставленного перед необходимостью выбора одного из различных вариантов своего дальнейшего существования и поступать в соответствии с выбором. Социокультурная неопределённость в советской городской прозе принимает модификации неподлинности, суеты общества, распыления человека в житейских, прагматических, потребительских функциях, его отчуждении и погружённости в хлопоты, нравственного, предметного, прикладного зла, обиды, страдания. Нравственные коллизии, раскрываемые советской городской прозой в теме социокультурной неопределённости, перекликаются с полемикой между Шопенгауэром и Кантом в области этики.

Ключевые слова: социокультурная неопределённость, человек, выбор, советская городская проза, эстетизм, общество, интеллигент, город, потребность, суета, хлопоты, отчуждение, потребительство, нравственность, зло, категорический императив, эгоизм.

Введение. Пути осмысления социокультурной неопределённости и определения её места в человеческом существовании не выделялись прежде в качестве самостоятельной темы для научного исследования. Тем не менее в истории интеллектуальной и культурной традиции эта тема представлена различными отдельными научно-теоретическими моделями, авторскими концепциями, которые были сформированы в условиях конкретного социального, культурного, мировоззренческого контекста. В этом плане особенно актуальным выступает обращение к осмыслению данной проблемы в произведениях художественной литературы. На протяжении истории своего развития литература выступала как инкогнито философской рефлексии, как осмысление вопросов, которые в системной и понятийной форме разрабатывались философией. Социокультурная неопределённость и человек, поставленный в ситуацию этой неопределённости, неизменно выступают одним из наиболее устойчивых

тем художественной литературы как пути осмысления действительности. Каждый исторический и мировоззренческий контекст формирует собственный пласт общечеловеческой духовности и одновременно сам претерпевает трансформационные воздействия со стороны его содержания, действий создателей этого содержания и их аудитории. Русская литература в лице многих своих представителей, литературных направлений, образов, сюжетов и произведений обращается к теме социокультурной неопределённости и человека.

Данная статья рассматривает социокультурную неопределённость на материале советской городской прозы 60-80-х годов. Эта традиция представлена наследием таких писателей, как А. Бородинский, Э. Брагинский, А. Володин, Е. Дубровин, Г. Горин, Д. Гранин, И. Грекова, В. Дмитриев, Л. Зорин, Ю. Казаков, В. Маканин, Ю. Нагибин, В. Пьецух, Э. Рязанов, В. Семин, В. Токарева, Ю. Трифонов, Г. Щербакова и др. В процессе развития русской литературной традиции советской эпохи городская проза выделяется в особое направление, содержательные и выразительные границы которого обуславливаются особенностями художественной композиции и методов, сюжета, проблематики, образов, художественного освоения окружающей реальности, наряду с прозой деревенской, военной, исторической, фантастической, детективной. В отношении анализа советской городской прозы 60-80-х годов, её смысловых и выразительных аспектов в современном российском литературоведении укажем на работы таких учёных, как В.А. Мескин и С.А. Егорова.

Объектом данной статьи является социокультурная неопределённость и представленность темы социокультурной неопределённости в советской городской прозе 60-80-х годов.

Попытаемся дать определение такому феномену, как социокультурная неопределённость. Прежде всего, в той совокупности проблем и вопросов, в которой мы рассматриваем данное понятие и соответствующий ему феномен, это понятие применимо только к человеку. Социокультурная неопределённость представляет из себя состояние, которое проживает, сознаёт, испытывает субъект. При этом это понятие может применяться как к индивидуальному, так и к коллективному субъекту. Ситуацию социокультурной неопределённости может переживать, осмыслять её, каким-то образом отвечать на неё отдельная личность, этнос, население государства, человечество. Разница масштаба субъекта, активная роль коллективного начала, в каком бы количественном порядке оно не выражалось – от масштабов взаимодействия двоих человек до масштабов человечества, проблематичность выражения и реализации различных аспектов неопределённости и в целом субъективной проблематики, раскрывающихся в процессах самосознания, самоанализа и рефлексии индивидуальности, являются основанием существенного качественного различия между раскрытием проблемы неопределённости для отдельного индивида и для человеческого общества. Однако не меньшей важностью обладают и аналогии между факторами, формами выражения и вариантами отношения к проблеме неопределённости для индивида и для социума. Состояние социокультурной неопределённости по своему содержанию может относиться к проблемам, вопросам, факторам экзистенциального, идентификационного, нравственного, психологического, религиозного, социального, политического характера.

В своей динамической развёрнутости как расстановка сил и последовательность действий неопределённость состоит в наличии различных вариантов состояния, которое примет данный субъект, и насущной необходимости для него сделать выбор какого-либо из них. В свете этого осмысление неопределённости включает в себя философскую проблематику экзистенциализма, в частности освещение в ней вопроса личностного выбора.

Социокультурная неопределённость происходит в «месте встречи» внешних обстоятельств, в которых оказывается субъект, и особенностей его внутреннего состояния, изменившихся или не изменившихся, но поставленных перед необходимостью как-то измениться. Может меняться либо сам субъект при неизменных внешних обстоятельствах (придя осознанию возможного различного отношения к этим внешним условиям), либо сами обстоятельства, поставившие субъекта перед необходимостью выбрать модель своего отношений к ним, либо то и другое.

По исходу ситуация обязательно имеет выражение в виде активного действия, осуществления вовне. Если неопределённость предполагает в качестве возможного варианта принятие реальности «как есть» без каких-либо усилий, направленных на её изменение,

то значимым в данной ситуации является именно внешнее выражение такой личной позиции, осуществившееся в какой-то конкретной модели «участия» или «неучастия» во внешней реальности.

Теперь сведём всё вышесказанное в итоговое определение. Социокультурная неопределённость – это обусловленное внешними либо внутренними причинами социокультурное состояние индивидуального или коллективного субъекта, представляющее собой наличие различных вариантов дальнейшего существования данного субъекта, насущную необходимость совершить выбор между ними и поступать дальше в соответствии с выбранным.

Предметом данной работы является эстетизм социокультурной неопределённости в советской городской художественной прозе 60-80-х годов. Используя понятие эстетизма в качестве комплексного поля методологической традиции, мы исходим из определения эстетизма как эстетического освоения философской проблематики, состоящего в использовании эстетической реальности, её принципов, методов, выразительных средств в качестве формы постановки и осмысления предметного поля философии. Приведём здесь определение эстетизма, которое даёт Н.Г. Краснаярова в статье «Судьба эстетизма в философии: от античности до постмодернизма». «Современная философия берёт на себя предназначение эстетического типа философствования и обретает форму эстетизма. Древнегреческое слово «эстетизм» (ощущение, чувство) как самостоятельное понятие стало широко употребляться в философии сравнительно недавно. Эстетическое как богатство выявленных смыслов обнаруживает значимость формы (внешнего облика), выражающей построение, организованность и упорядоченность содержания объекта. Уникальность и выразительность формы определяет эмоционально-чувственный, мгновенный, интуитивный прорыв субъекта к содержанию, открытие тех смыслов в нём, которые представляют содержание целостно, без расчленения на составляющие его части. В интуитивном постижении целого – сущность направленности сознания субъекта эстетического отношения. Эстетизмом сегодня называют специфический тип современной философии, признаком которого является эстетический эффект философского дискурса, усиливающий или ослабляющий философию как опыт в прозрении бытия и превращающий философский текст в эстетический феномен» [1, с. 19].

Основной для советской городской прозы 60-80-х годов выступает тема нравственная, нравственный поступок, его основания и последствия, внутренний мир главного героя произведения, рассматриваемый в его отношениях со средой – семейной, профессиональной, городской, человеческой. С.А. Егорова таким образом формулирует её тематическую специфику: ««городская» проза связана с просветительской традицией, источники

противостояния катастрофическим процессам в социальной жизни она ищет в сфере субъективной, во внутренних ресурсах самого человека, коренного городского жителя» [2]. Специфический тип художественного пространства, образующая принципиальный содержательный антипод современной ей прозе деревенской, несёт смыслообразующие функции в отношении всей данной художественной школы не только в отношении специфики места, но и в отношении образа главного героя произведения и в характере их отношений.

Изложение основного материала. Характеризуя художественные произведения и выраженные в них философские идеи Ю. Трифонова, В. Мескин пишет: «Мир города – это суетня людей, то есть толпа, теснота, преобладание высотных зданий и забетонированного пространства, цветовая гамма, включающая все оттенки серого, погружённость человека в мелкие заботы». [3, с. 232]. Эта тема обращает данный отрезок в истории русской литературы в плодотворный материал для осмысления неопределённости как вопроса, адресуемого человеку. Герой советской городской прозы богат и содержательно мотивирован в отношении своих поступков, чаще всего этим героем является представитель интеллектуальной профессии, интеллигент. С. Егорова в своём учебном пособии «"Городская" проза: имена, основные темы и идеи» отмечает: «прозу «городскую» интересует, прежде всего, городской человек с довольно высоким образовательным и культурным уровнем и его проблемы, человек, более связанный с «книжной» культурой. Конфликт... переносится в сферу рефлексии, в сферу переживаний и проблем человека, связанных с его существованием в современном мире» [2]. Герой советской городской прозы располагает духовным «багажом», на который он может опереться в своих действиях. На историю мировой литературы и филологию, как Хоботову из комедии М. Зорина «Покровские ворота» или Бузыкину из киноповести А. Володина «Осенний марафон». На музыку, как альтисту Данилову. На журналистское творчество, как Тамаре Кругловой из повести Виктории Токаревой «Пять фигур на постаменте». На искусство скульптора, как мужу Тамары. И при этом каждый из них оказывается в ситуации безосновности своего существования, неопределённости, отсутствия алиби, которое избавило бы его от ответственности за поступок. Известное ещё из ранней античности противопоставление содержания – смыслу, выраженное знаменитым афоризмом Гераклита Эфесского «Многознание уму не научает», поздняя советская литература выразила печальной истиной о том, что богатство усвоенного культурного опыта человечества – не гарант и не алиби от собственных нравственных пропастей и уж никак не оружие против напирющей неопределённости. Оно способно сделать беззащитным против внешнего хамства, бездушия, потребительства, и против собственного эгоизма, против потакания своим слабостям, воспитав

привычку вечно обращаться к чужому содержанию, к опыту, накопленному другими. Описывая художественный мир советского писателя Ю. Трифонова, В. Мескин указывает: «Основной конфликт в городской прозе Трифонова – это противостояние представителей интеллигенции героям-дельцам, «умеющим жить». Суть этого конфликта заключается в несовместимости типов мировосприятия: герои-интеллигенты защищают свои принципы, «умеющие жить» – территорию и имущество» [3, с. 233]. Именно этот конфликт делает данный комплекс литературных текстов, череду имён, систему содержаний и художественно-методологических приёмов данной эпохи и школы в отечественной литературе – богатым источником в отношении социокультурной неопределённости и возможных ответов, которые даёт ей человек.

Попытаемся дать более конкретный ответ: что представляет из себя та реальность, с которой сталкивается герой советской городской прозы, которая противостоит ему, давит на него и ставит его в ситуацию неопределённости, в отношении которой он как-то должен определить себя.

В своей работе «История русской литературы XX-XXI веков» В. Мескин передаёт смысл понятия «быт», которое фигурировало в то время в качестве синонима, заменяющего слово «городская» в дискуссиях по поводу данного направления прозы. В этом контексте оно принимало на себя роль базового нравственно-смыслового понятия, доминирующего для произведений и их авторов. В произведениях городской прозы «...показано, что «чистого» быта, свободного от человеческих эмоций, взаимоотношений, поступков, не существует» [3, с. 231].

В романе Владимира Орлова «Альтист Данилов» неопределённость состоит для главного героя не в его промежуточном положении демона и человека, в той формулировке, которая была заботливо подсказана ему его же обвинителями от мира Десяти Слоев в самом начале романа. В каждый отдельный момент он вполне отчётливо сознаёт, кто он есть. При этом, пребывая демоном, он ни на волос не перестаёт являться человеком со всеми своими присущими человеку колебаниями, сомнениями, страхами, мнительностью, рефлексиями, а пребывая человеком – быть демоном. Источником неопределённости выступает для него мир людей, его неподлинность, мнимость, суетня, не-данность в нём истинного. Подлинным, истинным для Данилова является любовь к Наташе, экзистенциальные муки совершенства в творчестве и реализации творческого предназначения, тайна, которая всё время маячит перед Даниловым в образе Миши Коренева и, наконец, музыка. Истинное живёт и дышит в мире людей, однако всякий раз, когда Данилов обращает к нему взгляд, намерен «озаботиться» его подлинностью, она оказывается закрытой чем-то или кем-то, кто настойчиво претендует на его силы, его время. Не меньшим источником неопределённости выступает для

Данилова и мир демонов. Неопределённо в этом мире также всё, как и среди людей: кем в нём является Данилов и в чём, собственно, виноват в мире демонов, когда ему назначается время «Ч»? Что ему в мире демонов надлежит делать и в конце концов – для чего это – то, чем он может быть полезен, самому миру Десяти Слоёв, в котором живут демоны?

Происходит расщепление, распыление человека – в житейских, прагматических, потребительских функциях. В непрестанном удовлетворении этих потребительских функций, как констатирует советская проза, и обитает человек. Русский философ Серебряного века Евгений Трубецкой говорит об этом как о первой данности, лежащей на поверхности вещей, которая раскрывается перед человеком в его вопросе о смысле жизни: «Биологический круг, биологический закон траты и обновления, – вот что приводит в движение весь механизм человеческой жизни, вот ради чего вращаются эти бесчисленные колёса, а в них – сам развенчанный царь-человек со своими помыслами, желаниями, надеждами» [4, с. 42].

Герой неизменно погружён в хлопоты, всегда оказывается занятым и занятым по преимуществу «не собой» и «не своим». Уместно обозначить ситуацию героя советской городской литературы посредством экзистенциалов, выведенных М. Хайдеггером в книге «Бытие и время»: «брошенность», «толки», «в людях». «Растворение *в людях* означает господство публичной истолкованности. Раскрытое и разомкнутое состоит в модусе искажённости и замкнутости через толки, любопытство и двусмысленность» [5, с. 222]. Важно то, что никак невозможно компенсировать эту расщеплённость и распылённость традиционными доминантами личностного бытия, гарантирующими его цельность и единство – производительным трудом, семьёй, человеческой общностью, религией, родной почвой. Ни чему из этих целей суета и жертвование личным временем, силами, репутацией не служит. И об этом у Хайдеггера также сказано: «К его (брошенности) фактичности принадлежит, что присутствие, пока оно есть что оно есть, оказывается в броске и втянуто в вихрение несобственности *людей*» [5, с. 179]. Персонажи советской городской литературы 60-80-х озабочены чем-то, кому-то чего-то должны. Хоботов почему-то должен идти свидетелем в ЗАГС на бракосочетание Маргариты Львовны, когда Вилюров напивается накануне, и Маргарите Львовне нет никакого дела, что у Хоботова на это время есть собственные планы – вместе с Людочкой смотреть фрески Новодевичьего монастыря. Загруженный работой Данилов, у которого и у самого забот по горло и денег не особо, почему-то должен бегать по поручениям своей бывшей жены Клавдии Петровны, пока она «собирается замуж» за «перспективного» профессора Войнова. Бусыгин, помимо «романа» с Аллой, отчего-то должен считаться в Соседе, пьяницей и разгильдяем, каждое утро отправляться с Биллом на пробежку, помогать «творческому росту» беспардонной и бездарной коллеги Варвары.

«Профессиональная нереализованность героев, усиленная семейными неурядицами, заставляет видеть в каждом из них «вечно рвущегося куда-то неудачника», «колесо, вертевшееся впустую», но... неудачник может быть счастлив своим внутренним успехом, не имеющим социального и профессионального измерения, – ощущением верности своим принципам, радостью от подлинного научного открытия или удачного сюжета неизданной книги» [3, с. 233]. Таким образом, императив, перед которым поставлен герой городской прозы, принимает характер личностного ответа в условиях дилеммы – либо в растворении в суе и хлопотах без возражений и рефлексий, либо в необходимости выстраивания собственной стратегии сохранения своего лица и своего места в мире, образуемом этими хлопотами. Ответить на вопрос, сформулированный в своей работе «"Городская" проза: имена, основные темы и идеи» С. Егоровой: «Способен ли человек как личность сопротивляться обстоятельствам, изменять их, или человек сам постепенно, незаметно и необратимо меняется под их воздействием» [2].

Быт, суета и хлопоты в качестве экзистенциальных состояний ещё не исчерпывают смысла социокультурной неопределённости в городской прозе, и даже не представляют из себя основания для заострения до предела её нравственного значения. Этим предельным полюсом неопределённости является нравственное зло, боль, обида, страдание, зло сугубо предметное, определённое в конкретные и узкие рамки пользы, корысти, зло практическое, прикладное. Оно передаётся по цепочке от человека к человеку. Его обоснованность либо сугубо практическими причинами, состоящими в удовлетворении «простых» человеческих потребностей, либо его «выстраданным» характером всякий раз придаёт такому частному злу отпечаток естественности, обоснованности и своеобразной, извращённой нравственной правоты. При этом в общей перспективе разворачивается inferнальная картина своего рода индуцирования зла, его цепной реакции, эстафеты прикладного зла, которая ввиду своего естественного, всякий раз мотивированного характера, «выстраданного» в личностном плане не имеет логического предела.

Тема «эстафеты прикладного зла» широкой палитрой своих возможных воплощений представлена в прозе Виктории Токаревой. Обратим внимание на одну из особо выпуклых вариаций этой темы – образ Марлы, главной героини повести «Первая попытка». Наделённая недюжинным талантом «прошибать двери», щедрой рукой рассыпает она вокруг себя злобу, немотивированную жестокость, бесцеремонность, хамство, прожекты роста личного благосостояния, вписывающие в свои орбиты других людей в качестве подручных материалов. Персонаж, который ведёт повествование, альтер-эго автора, передаёт мотивы поступков Марлы, проговаривая за героиню её нравственные максимы: «Как со мной, так и я». «И если можно ТАК с ней, то почему нельзя с

другими – с людьми, с деревьями, со всеми, что попадётся под руку» [6, с. 46-47].

Существенно, что у скрипача-философа Земского из романа «Альтист Данилов», проповедующего «тишизм», своеобразную философию творчества, в итоге мораль оказывается такой же, как и у Марлы. Мораль обоснованности передачи другому собственного перенесенного страдания. Рассуждая о выразительной ограниченности музыкального языка в отношении создания и передачи эстетического содержания, экзистенциальной высказанности и понятости, он доходит в своём пафосе до принятия образа небожителя («Над всем человечеством возвышался сейчас Николай Борисович Земский»). Ответом на эту ограниченность всякого музыкального текста выступает добровольный отказ профессионального музыканта от музыкального звука, который вылился в его авторскую философскую систему Земского – «тишизм». Альтист Данилов видит, что приобщение чувствительного, ищущего, духовно неудовлетворённого Миши Коренева к философии «тишизма» обострило его творческий кризис, толкнув к самоубийству, и упрекает Земского в этом:

«– Всё это жестоко по отношению к нему.

– Пусть жестоко. Но и честно... А по отношению ко мне всё это не жестоко? Ты этого не чувствуешь? Ведь я привязался к Мише... Я на похороны не смог пойти... Не было сил...

– Однако вы живы. А он погиб.

– Он ушёл в тишину. Высшую тишину. А я страдал...» [7, с. 250].

В данном нравственно-философском лейтмотиве городской прозы «эстафета прикладного зла» осуществляется по принципу передачи от невиновного – к беззащитному. От Марины, которая прежде «ошиблась», от старого школьного друга, вертопраха и жулика Павлуши – к Паше, учителю из школы для дефективных детей в повести Виктории Токаревой «Паша и Павлуша», от эвакуационного детства, от матери, шепчущей над детской кроваткой «Развяжи мне руки», от неудачи в первом браке – к Марле, от Марлы – ко всему мирозданию. Персонажи, которые в «начале цепочки» сталкиваются со злом, не виновны в нём: зло охватывает их либо тяжёлыми жизненными обстоятельствами, либо неудачей, «осечкой» в деле нравственно-нейтральном, способном разрешиться «к добру» или «к худу», как, например, поиск жениха для Марлы, как ложь о выигранной в лотерею машине, сказанное корреспонденту героем повести В. Токаревой «Пять фигур на постаменте».

Но сам литературный герой, «претерпевший зло», уже по собственной инициативе служит точкой фокуса, в которой сходятся воедино случайные, каждодневные, вероятностные в смысле своего конкретного адресата корыстолобие, нравственная глухота, эгоизм, уверенность в своей правоте, несамостоятельности, праве на потакание собственной слабости. В той или иной форме эта анти-вера в человека, вера в не оканчиваемое ни в какой

координате пространства-времени прикладное зло передаётся от человека к человеку, фокусируется от всего круга людей, живущих возле него, его «ближних», чтобы осесть в нём и трансформироваться в новый, лично ему присущий образ.

Лейтмотив описания нравственного зла в советской городской прозе демонстрирует своеобразный парадокс выворачивания наизнанку кантовского категорического императива И. Канта. Провозглашённый им принцип «Поступай так, чтобы максима твоей воли могла в то же время иметь силу принципа абсолютного законодательства» [8, с. 347], являющийся одной из трёх возможных формулировок категорического императива [9, с.140, 144, 145], прилагается к житейской прагматике, требующей ответов нравственного качества, с другого, «потребительского» ракурса рассмотрения. В работе «Об основе морали» Артур Шопенгауэр критиковал Канта, усматривая шаткость его позиции – во введении такого неопределённого в своём конкретном содержании, опосредующего звена между самим человеком – и непосредственно самим нравственным выводом: согласен ли я был бы, чтобы подобный вывод и соответствующее поведение сделались правилом для каждого? Рационалистический принцип этики Канта, как известно, состоит в освобождении морального поступка от всякого мотива, который коренился бы в субъекте. Однако такой чисто формальный принцип служит обратному – делает уязвимой моральную мотивацию для любых оснований. «Очевидно, для того чтобы определить, чего я могу желать в сказанном отношении, я всё-таки нуждаюсь в каком-нибудь регулятиве» [10, с. 165]. И тогда на место субъективного основания, в силу которого человек способен избрать своё решение, коренящееся в совокупности конкретно-данных обстоятельств, поступать «согласно такой максиме, всеобщность которой в качестве закона ты в то же время можешь желать» [11, с. 393-394] приходит простой и элементарный эгоизм. «Где же теперь искать этого регулятива? Для него не может быть иного места, кроме как в моём эгоизме, этой ближайшей, всегда готовой, исконной и живой норме всех волевых актов» [10, с. 165]. «Так как при установлении обязательного для всех правила я необходимо должен представлять себя не только постоянно активной, но также в зависимости от обстоятельств и временами пассивной стороной, то, с этой точки зрения, мой эгоизм высказывается за справедливость и человеколюбие, не потому, что ему приятно проявлять их, а потому, что он охотно испытывает их на себе» [10, с. 165].

На место кантовского вопроса о возможности перенесения руководства к действию, принимаемого мною здесь и сейчас, герои, транслирующие либо фокусирующие зло, ставят посылку «от обратного»: все и так, уже, до меня, без меня и в отношении меня поступают так – корыстно, злобно, бездушно, чёрство – чем я-то хуже? Отчего я должен быть другим? Парадокс выворачивания наизнанку категорического

императива состоит в том, что усмотренной Шопенгауэром основание для критики, состоящее в том, что все начнут поступать морально не из любви к ближнему, от чего, как известно, хочет уйти Кант, но из эгоистических побуждений, из желания того, чтобы и к ним также относились «морально», оборачивается много большим злом: я прав, поступая безнравственно, ибо это и без моего участия «имеет характер общей максимы», и надежд на то, что когда-то, что-то изменится, я не вижу.

Выводы. Философское осмысление темы социокультурной неопределённости как ситуации в бытии человека осуществляется советской городской прозой 60-80-х годов. Для данной литературной школы содержание эстетической рефлексии неопределённости формируется её смысловой спецификой: обострением нравственной тематики, акцентацией проблемы взаимоотношений человека и среды, вопросом смысловозначимости творчества, рефлексией моральной ответственности. Социокультурная неопределённость как причинно-обусловленное социокультурное состояние субъекта, представляющее собой наличие различных вариантов его дальнейшего существования, связанное с необходимостью совершить выбор и поступать в соответствии с выбором, представлена в городской прозе следующими модификациями. Первая состоит в неподлинности, мнимости, суете общества, в котором живёт персонаж, «глазами», поступками и словами которого осуществляется авторская художественная рефлексия. Вторая – это распыление человека в житейских, прагматических, потребительских функциях, его погружённость в хлопоты, его отчуждение, происходящее в словах, делах, мнениях «других», в функциональных отношениях с «другими». Третья состоит в реальности нравственного зла, обиды, страдания, зла сугубо предметного, прагматичного, прикладного. Особый акцент здесь ставится на нравственном смысле индуцирования зла, его цепной реакции, эстафеты, что передаётся от человека к человеку в ткани его повседневных слов, коммуникаций, поступков. Отдельной темой художественного выражения неопределённости в советской прозе в направлении моральной рефлексии выступает фокусировка проблем нравственного характера в образе личностной жизненной позиции, для которой «привычность» зла в «малом», «частном» виде переходит в новое качество анти-веры в человека, общество, жизнь, в анти-категорический императив тотальной чёрствости, потребительства и причинения страданий.

Л и т е р а т у р а

1. Красноярова Н.Г. Судьба эстетизма в философии: от античности до постмодернизма // Гуманитарные исследования. – 2015.р – № 5 (9). – С. 19-21/
2. Егорова С.А. «Городская» проза: имена, основные темы и идеи. Учебное пособие / С.А. Егорова

[Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://infourok.ru/gorodskaya-proza-temi>

3. Мескин В.А. История русской литературы XX-XXI веков: учебник и практикум для среднего профессионального образования В.А. Мескин [и др.]; под общей редакцией В.А. Мескина. – М.: Юрайт, 2019. – 411 с.
4. Трубецкой Е. Смысл жизни / Евгений Трубецкой. – СПб.: Азбука, Азбука-Аттикус, 2017. – 352 с.
5. Хайдеггер М. Бытие и время. Пер. с нем. М.М. Библихина. – М.: Ad Marginem, 1997. – 452 с.
6. Токарева В. Римские каникулы: повести и рассказы / Виктория Токарева. – СПб.: Азбука, Азбука-Аттикус, 2021. – 384 с.
7. Орлов В. Альтист Данилов: роман / Владимир Орлов. – СПб.: Азбука, Азбука-Аттикус, 2021. – 512 с.
8. Кант И. Критика практического разума / Сочинения: В 6 т. – Т. 4 – Ч. 1. – М.: Мысль, 1965. – 544 с.
9. Булатов М.А. Классическая немецкая философия. Часть I. Кант. Фихте. Шеллинг. – К.: Стило, 2003. – 322 с.
10. Шопенгауэр А. Об основе морали С. 125-258 / Шопенгауэр А. Свобода воли и нравственность / Общ. ред., сост., вступ. ст. А.А. Гуссейнова и А.П. Скрипника. – М.: Республика, 1992. – 448 с.
11. Кант И. Метафизика нравов / Сочинения: В 6 т. – Т. 4 – Ч. 2. – М.: Мысль, 1965. – 534 с.

Artemova Ju.A.

AESTHESIS OF SOCIOCULTURAL INCERTITUDE IN SOVIET TOWN PROSE OF 60-80-TH YEARS

The article deals with the aesthetic reflection and expression of the problematic of sociocultural incertitude in soviet town prose of 60-80-th years. The sociocultural incertitude is the sociocultural state of subject, have been installed in the necessity of the choice between some variants of the further existence. In the soviet town prose the sociocultural incertitude is treated as unsubstantial, public vanity, diffusion of the humanity in the pragmatic, using functions, alienation and diving in chaos of troubles. Another interpretation variant of incertitude is the reality of moral, pragmatic evil, insult, suffering. The moral collisions of the theme of incertitude in soviet literature have essential references with the polemics between Schopenhauer and Kant in the ethic field.

Key words: sociocultural incertitude, humanity, choice, soviet town prose, aesthesis, society, intelligent, town, necessity, vanity, alienation, consummation, morality, evil, categorical imperative, egoism.

Артемова Юлия Александровна, старший преподаватель кафедры социологии и социальных технологий ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

Artemova Juliya Aleksandrovna, senior lecturer at the Department of Sociology and Social Technologies SEE HT LPR «Luhansk Vladimir Dahl State University».

Рецензент: Лустенко Андрей Юрьевич, доктор философских наук, профессор кафедры социологии и социальных технологий ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 15.11.2022 г

УДК 004.4:331.08

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРОДАЖ МАЛОГО ПРЕДПРИЯТИЯ С ПОМОЩЬЮ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Бихдрикер А.С., Чёрная А.М., Лисицына Т.В.

FORECASTING SMALL BUSINESS SALES USING MACHINE LEARNING

Bikhdricker A.S., Chernaya A.M., Lysytsyna T.V.

В статье рассмотрено применение машинного обучения для прогнозирования продаж малого фармацевтического предприятия. Обосновывается целесообразность создания информационной системы поддержки принятия решений в сфере управления продажами малого предприятия. Аргументируется необходимость прогнозирования объёма продаж лекарственных средств для повышения финансовой устойчивости предприятия. Проведен анализ применения модели сезонного авторегрессионного скользящего среднего SARIMAX и регрессионного алгоритма AdaBoost для прогнозирования продаж. Использование методов машинного обучения для прогнозирования позволит улучшить качество принимаемых решений в сфере экономической безопасности предприятия.

Ключевые слова: информационное обеспечение, система поддержки принятия решений, экономическая безопасность, моделирование, прогнозирование, Python, SARIMAX, AdaBoost.

Введение. В современных социально-экономических условиях функционирования предприятий, в частности аптек, возникают проблемы обеспечения их экономической безопасности. Система экономической безопасности фармацевтической организации (аптеки) в общем случае состоит из следующих составляющих: финансовой, кадровой, технико-технологической, политико-правовой, экологической, информационной, силовой [1]. Финансовая составляющая является тем компонентом, который играет значительную роль в обеспечении высокого уровня экономической стабильности и конкурентоспособности организации.

В финансовую составляющую экономической безопасности фармацевтической организации входят характеристики: рентабельность, платежеспособность, конкурентоспособность, ассортимент продукции, уровень развития системы менеджмента [2]. Расчёт большинства этих характеристик основывается на объёмах продаж продукции.

Целью данной работы является разработка методики для анализа и прогнозирования объёмов продаж фармацевтической организации с использованием машинного обучения.

Рассмотрим предметную область «Объём продаж фармацевтической организации», которая содержит следующую информацию:

- учёт рецептов на приобретение медикаментов;
- сведения о медикаментах;
- данные о наличии медикаментов.
- динамика выручки по датам (с указанием даты и размера выручки);
- данные по продажам с указанием наименования медикаментов и объемов продаж.

Для повышения финансовой устойчивости и, следовательно, экономической безопасности фармацевтической организации возникает необходимость прогнозирования объёма продаж товаров.

Выбор метода и расчёт модели прогнозирования является частью информационной системы поддержки принятия решений (СППР) управления продажами предприятия (рис. 1).

Источниками данных являются:

- сведения о лекарственных препаратах;
- данные по продажам, которые включают в себя динамику выручки по датам и объёмам продаж.

Информация от блока входных данных поступает в базу данных.

В базе математических моделей и методов принятия решений хранится информация о математических и аналитических моделях и методах, которые позволяют осуществлять анализ и оценку данных.

Модуль расчётов обеспечивает взаимодействие между базой данных, эталонным вариантом (моделями) и осуществляет непосредственно обработку данных.

Система управления интерфейсом осуществляет взаимодействие между пользователем и остальными блоками системы и выдаёт результаты расчетов, полученных в ходе обработки информации, для анализа лицу, принимающему решения. Полученные результаты перемещаются в блок входных данных, таким образом, формируется единая база данных по типовым решениям.

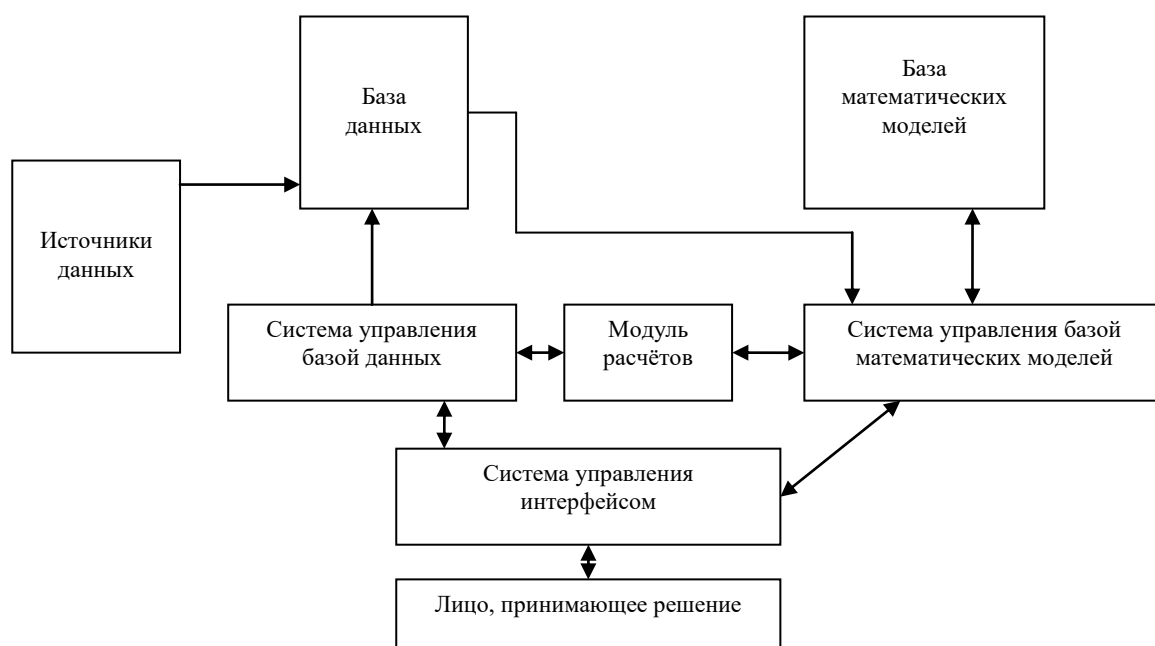


Рис. 1. Структурная схема системы поддержки решений управления продажами

Для анализа и прогнозирования продаж из базы данных осуществляется выборка за заданный период времени. В выборку входит информация о лекарственном средстве, дате и времени продажи, объёме продаж. На основе этих данных формируются наборы данных: ежедневные, недельные и месячные.

Сформированные наборы данных поступают в блок анализа информации, являющийся частью модуля расчётов. Данные сортируются по типу и виду лекарственных препаратов и производится подготовка информации для прогнозных моделей. Подготовка информации может включать в себя нормализацию данных, устранение пропусков данных и выбросов, при необходимости включение в наборы данных дополнительной информации. К дополнительной информации может относиться среднее, максимальное или минимальное значение за период времени. Кроме этого могут осуществляться другие манипуляции с данными для получения дополнительных характеристик.

После получения прогнозных моделей осуществляется прогнозирование продаж по типу и виду лекарственных препаратов на заданный период.

Для планирования деятельности фармацевтической организации полученные прогнозные значения могут передаваться в имитационную модель управления запасами товарно-материальных ценностей. После этого может осуществляться расчёт финансовых показателей предприятия на планируемый период.

Для исследования были сформированы два набора данных с ресурса [3]: недельные и месячные продажи лекарственного препарата с 2014 года по сентябрь 2019 года (рис. 2). Анализ и

прогнозирование продаж осуществлялся с помощью языка программирования Python с использованием модулей Pandas, Statsmodels, Sklearn.

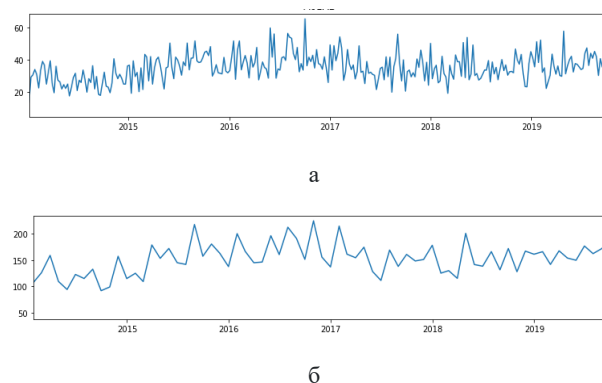


Рис. 2. Данные о продажах: а) недельные; б) месячные

В качестве методов прогнозирования рассмотрим модель SARIMAX и алгоритм Adaboost. SARIMAX – модель сезонного авторегрессионного скользящего среднего с семью структурными параметрами [4]:

- p – порядок авторегрессии тренда;
- d – порядок изменения тренда;
- q – тренд скользящей средней;
- P – порядок сезонной составляющей;
- D – порядок интегрирования сезонной составляющей;
- Q – порядок сезонной скользящей средней;
- s – размерность сезонности.

Разложим временные ряды продаж на компоненты с помощью функции `seasonal_decompose`. На рис. 3 представлены компоненты недельных продаж.

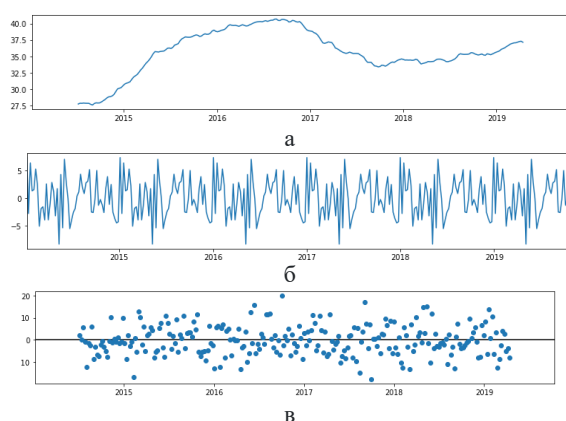


Рис. 3. Компоненты временного ряда: а) тренд; б) сезонность; в) случайные колебания

Как видно из рис. 3, ряд имеет тренд и сезонность, равную 52 неделям.

Рассчитаем предсказуемость временного ряда как отношение среднего значения абсолютных значений случайных колебаний к среднему значению абсолютных значений временного ряда. Полученные значения составляют 14,8% и 11,7% соответственно для недельных и месячных продаж, что говорит о возможности построить достоверную модель прогноза.

Оценим стационарность ряда, применив расширенный тест Дики-Фуллера [5]. Результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты расширенного теста Дики-Фуллера

Результаты расширенного теста Дики-Фуллера				
Статистика теста	Уровень значимости	Критические значения		
		1%	5%	10%
Недельные продажи				
-3,700	0,022	-3,990	-3,425	-3,136
		не стационарный	стационарный	стационарный
Месячные продажи				
-2,604	0,278	-4,121	-3,488	-3,172
		не стационарный	не стационарный	не стационарный

Для определения исходных параметров модели продифференцируем временной ряд в итеративном порядке до тех пор, пока в соответствии с расширенным тестом Дики-Фуллера ряд не станет стационарным. Полученные параметры модели станут базовыми для дальнейших вычислений.

Разобьём исходный набор данных на тренировочную и проверочную выборки. К тренировочной выборке относятся данные за 2014 – 2017 гг., к проверочной – данные за 2018 г. Выбор коэффициентов модели осуществлялся методом «перебора вариантов» на основании AIC – информационного критерия Акаике. Согласно критерию Акаике наилучшая модель имеет наименьшее значение критерия.

В результате для недельных продаж построена модель с параметрами: $p = 4$, $d = 0$, $q = 4$, $P = 4$, $D = 1$, $Q = 4$, $s = 20$; для месячных продаж построена модель с параметрами: $p = 4$, $d = 0$, $q = 3$, $P = 4$, $D = 1$, $Q = 5$, $s = 5$.

Оценим работу полученных моделей на проверочной выборке, в которую входят данные об объёмах продаж за 2018 год. Оценка прогнозирования основывается на вычислении ошибок прогнозирования: средней абсолютной ошибке (MAPE), среднеквадратичной ошибке (MSE) и квадратного корня из среднеквадратичной ошибки (RMSE). Для сравнения моделей приведём недельные продажи к месячным. Результаты прогнозирования приведены в табл. 2.

Рассмотрим применение алгоритма AdaBoost. AdaBoost используется для повышения

производительности алгоритмов машинного обучения. Основной принцип алгоритма AdaBoost состоит в том, чтобы подогнать последовательность слабых классификаторов (т.е. моделей, результат которых лишь немного лучше, чем случайное предположение) на многократно изменяемых версиях данных [6]. Прогнозные значения, получаемые от них, затем объединяются посредством взвешенного большинства голосов (или суммы) для получения окончательного прогноза.

Таблица 2

Результаты прогнозирования

Месяц	Объём продаж	Модель (4, 0, 4)(4, 1, 4, 20)	Модель (4, 0, 3)(4, 1, 5, 5)
Январь	125,29	133,23	169,25
Февраль	130,02	135,79	151,10
Март	115,32	129,91	137,95
Апрель	201,19	171,84	178,68
Май	141,68	136,23	143,40
Июнь	138,52	137,09	154,83
Июль	166,35	160,91	164,20
Август	131,65	128,36	126,71
Сентябрь	172,20	174,08	163,32
Октябрь	128,03	138,85	139,35
Ноябрь	167,31	131,89	141,40
Декабрь	161,37	155,08	184,36
MAPE		6,94%	11,99%
MSE		56,76	425,12
RMSE		7,53	20,62

Одним из распространенных алгоритмов, используемых с AdaBoost, являются деревья решений, которые позволяют предсказывать значение целевой переменной, полученное на основе характеристик данных.

Основными параметрами алгоритма AdaBoost являются:

d – максимальная глубина дерева решений;

n – максимальное количество оценщиков.

Для работы с алгоритмом AdaBoost необходимо в выборку добавить дополнительные данные. Для этого сгруппируем недельные продажи по месяцам и добавим следующие характеристики: среднее значение продаж за месяц (mean), максимальное значение продаж за месяц (max), минимальное значение продаж за месяц (min).

Путём сочетания полученных признаков построим семь моделей и определим их параметры. Определение параметров осуществляется перебором на основании минимума средней абсолютной ошибки. Результаты моделирования и оценки на проверочном наборе (данные за 2018 г.) представлены в табл. 3.

Выберем для дальнейшего применения модели с наименьшей средней абсолютной ошибкой:

- модель1 – модель SARIMAX с параметрами (4, 0, 4)(4, 1, 4, 20);

- модель2 – модель AdaBoost с характеристикой Mean;

- модель3 – модель AdaBoost с характеристиками Mean, Min.

Таблица 3

Моделирование алгоритмом AdaBoost

Модель	Параметры	MAPE	MSE	RMSE
Модель1 (Mean, Max, Min)	$d = 8$ $n = 15$	11,24%	414,23	20,35
Модель2 (Mean)	$d = 7$ $n = 9$	8,34%	410,05	20,25
Модель3 (Max)	$d = 6$ $n = 5$	14,70%	871,07	29,51
Модель4 (Min)	$d = 5$ $n = 25$	14,29%	783,82	27,99
Модель5 (Mean, Max)	$d = 8$ $n = 5$	13,28%	550,60	23,46
Модель6 (Mean, Min)	$d = 9$ $n = 7$	8,08%	377,91	19,44
Модель7 (Max, Min)	$d = 5$ $n = 6$	11,68%	476,03	21,82

Рассчитаем прогноз объёма продаж с помощью выбранных моделей на 2019 год. Результаты расчёта представлены на рис. 4.

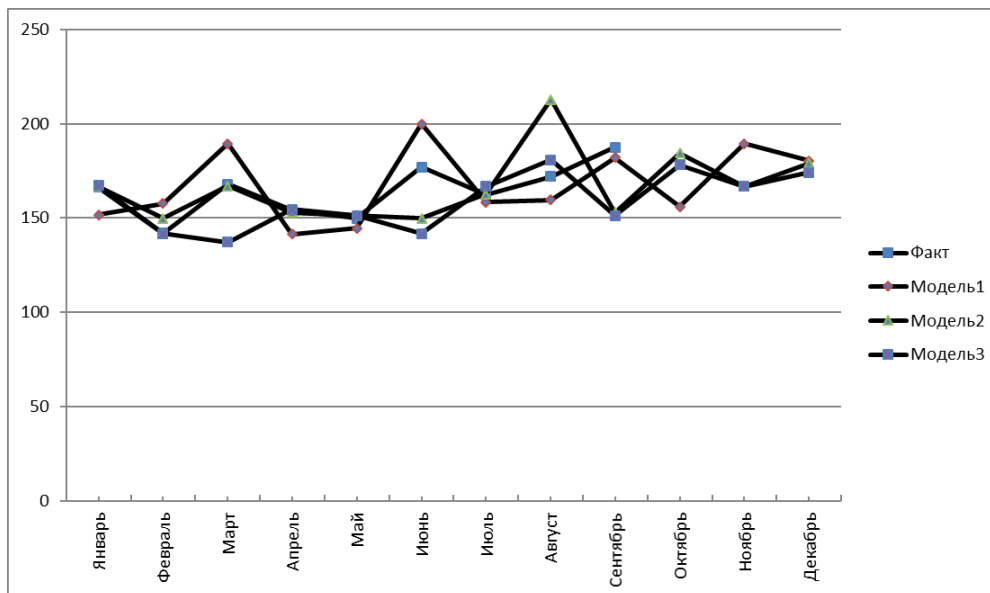


Рис. 4. Прогноз объемов продаж на 2019 год

При прогнозировании объемов продаж на 2019 год за девять месяцев, за которые уже известны фактические продажи, были получены следующие значения средней абсолютной ошибки:

- модель1 – 7,79%;

- модель2 – 7,54%;

- модель3 – 7,49%.

Полученные модели прогнозирования показывают практически одинаковый результат.

Поэтому для дальнейшего применения модели в данном случае необходимо учитывать недостатки рассмотренных методов прогнозирования.

Для повышения качества прогнозирования целесообразно использовать искусственные нейронные сети, такие как рекуррентные нейронные сети (RNN) и рекуррентные нейронные сети с долгой кратковременной памятью (LSTM).

Выводы. Прогнозирование объемов продаж является основой для планирования деятельности фармацевтической организации. Предлагаемые методы машинного обучения позволяют выполнить прогноз объема продаж лекарственного препарата. Применение рассмотренных в работе инструментов позволит повысить качество планирования финансовых показателей фармацевтической организации, что в свою очередь позволит повысить экономическую безопасность организации.

Л и т е р а т у р а

1. Кузнецов, Д.А. Экономическая безопасность фармацевтических систем [Текст] / Д.А. Кузнецов // Вестник новых медицинских технологий – 2010. – Т. XVII, № 3. – С. 179 – 181.
2. Кузнецов, Д.А. Финансовая составляющая экономической безопасности в фармации [Текст] / Д.А. Кузнецов // Российский медико-биологический вестник им. И.П. Павлова. – 2004. - № 1-2. – С. 71–74.
3. Pharma sales data [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://www.kaggle.com/datasets/milanzdravkovic/pharma-sales-data>.
4. Горяев, В.М. Модель SARIMA и статистика скользящего окна для локальных метеоданных [Текст] / В.М. Горяев, Д.Б. Бембитов, Д.Н. Мучкаев, В.Х. Аль-Килани // Современные наукоемкие технологии. – 2019. – № 6. – С. 31-38.
5. Магнус, Я.Р. Эконометрика. Начальный курс [Текст] / Я.Р. Магнус, П.К. Катышев, А.А. Пересецкий. – М.: Дело, 2007. – 504 с.
6. Freund, Y. A decision-theoretic generalization of on-line learning and an application to boosting [Текст] / Y. Freund, R.E. Schapire // Journal of Computer and System Sciences. – 1997. - № 55(1). – P. 119 – 139.

Bikhdricker A.S., Chernaya A.M, Lysytsyna T.V. FORECASTING SMALL BUSINESS SALES USING MACHINE LEARNING

The article discusses the machine learning using to predict small pharmaceutical business sales. The expediency of creating an information decision support system in the field of small business sales management is substantiated. The necessity of forecasting the volume of sales of medicines to improve the financial stability of the enterprise is argued. The analysis of the application of the SARIMAX seasonal autoregressive moving average model and the AdaBoost regression algorithm for sales forecasting is carried out. Sales analysis and forecasting was carried out using the Python programming language. The proposed machine learning methods make it possible to predict the sales volume of a

medicinal product. The machine learning methods using for forecasting will improve the quality of decisions made in the field of economic security of the enterprise.

Key words: information support, decision support system, economic security, modeling, forecasting, Python, SARIMAX, AdaBoost.

Бихдрикер Аркадий Семёнович, к.т.н., доцент кафедры «Информационные технологии и транспорт» Краснодарского факультета инженерии и менеджмента ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Краснодар.
E-mail: capark74@mail.ru

Bikhdricker Arkadiy Semenovich, Candidate of Sciences, a docent of the Chair «Information technology and transport», Krasnodon Faculty of Engineering and Management, SEE HT LPR «Luhansk Vladimir Dahl State University».

Черная Анжела Михайловна, к.э.н., доцент кафедры «Социально-экономические дисциплины и техносферная безопасность» Краснодарского факультета инженерии и менеджмента ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Краснодар.
E-mail: blackang@yandex.ru

Chernaya Anzhela Mihajlovna, Candidate of Sciences, a docent of the Chair «Socio-economic disciplines and technosphere safety», Krasnodon Faculty of Engineering and Management, SEE HT LPR «Luhansk Vladimir Dahl State University».

Лисицына Татьяна Викторовна, старший преподаватель кафедры «Экономика и управление» Краснодарского факультета инженерии и менеджмента ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Краснодар.
E-mail: ltvtyanya@yandex.ru

Lysytsyna Tatyana Victorovna, senior lecturer of the Chair «Economics and Management», Krasnodon Faculty of Engineering and Management, SEE HT LPR «Luhansk Vladimir Dahl State University».

Рецензент: Родионов Александр Владимирович, доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой «Производственный менеджмент» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 15.11.2022 г

УДК 378.147:81'243

ФОРМИРОВАНИЕ ЛЕКСИЧЕСКИХ НАВЫКОВ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ ИНОСТРАННОМУ ЯЗЫКУ В ДИСТАНЦИОННОМ ФОРМАТЕ

Бородина А.Н.

FORMATION OF LEXICAL SKILLS IN THE PROCESS OF TEACHING A FOREIGN LANGUAGE IN A DISTANCE LEARNING FORMAT

Borodina A.N.

В статье рассмотрены взгляды учёных на проблему формирования лексических навыков. Уточнены авторские определения понятиям «лексика» и «лексический навык». Выделены этапы формирования лексических навыков в соотношении с возможностями цифровых ресурсов для изучения иноязычной лексики в дистанционном формате. Проанализированы веб-сервисы, реализующие функции ознакомления, запоминания, закрепления, тестирования и проверки лексического материала.

Ключевые слова: лексика, лексическая единица, лексический навык, цифровые ресурсы, дистанционный формат.

Введение. В эпоху внедрения новых информационных технологий в образовательное пространство актуальным становится вопрос их применения при формировании лексических навыков в процессе обучения иностранному языку в дистанционном формате. Проблемами преподавания лексического состава иностранного языка занимались многие учёные, такие как И.Л. Бим, Н.Д. Гальскова, Н.И. Гез, В.П. Кузовлев, Д.Н. Кожевников, А.А. Леонтьев, Р.К. Миньяр-Белоручев, Е.И. Пассов, Г.В. Рогова, Е.Н. Соловова, А.Н. Шамов, Х. Шпербер, Р. Бон и другие. Вопросы формирования лексических навыков с применением информационно-коммуникационных технологий изучаются современными исследователями: А.Х. Бадалян, Е.Н. Ермаковой, В.А. Силаковым, И.Ю. Скворцовой, И.А. Крыловой, А.Д. Микитюк, Е.А. Плехановой, А.В. Пуховой, Ю.В. Тихомировой, М.Ю. Федотовой и другими.

Целью исследования является анализ применения цифровых образовательных ресурсов для формирования лексических навыков в дистанционном режиме.

Изложение основного материала. Особенностью формирования лексических навыков в дистанционном формате обучения иностранному языку является то, что данная проблема относится к новому научному направлению – цифровой лингводидактике, которая изучает теорию и практику интеграции электронных цифровых ресурсов и цифровых технологий в обучение иностранному языку.

Становится очевидным, что современный преподаватель иностранного языка должен обладать не только профессиональными знаниями предмета, но и владеть информационно-цифровой компетентностью в процессе языкового образования.

Целью дистанционного обучения иностранному языку является формирование и развитие иноязычной коммуникативной компетенции обучающихся в единстве таких ее составляющих, как языковая, речевая, социокультурная, компенсаторная и учебно-познавательная компетенции с использованием компьютерных телекоммуникаций.

Лексика является самым важным компонентом каждого вида речевой деятельности: аудирования, чтения, письма и говорения.

По выражению академика Л.В. Щербы, лексика – «это живая материя языка, она служит для предметного содержания мысли, т.е. для называния» [7, с. 290].

По определению В.М. Филатова, лексика – это «основной строительный материал нашей речи, ее содержательная сторона» [5].

Лексика состоит из цельных и раздельных лексических единиц. Лексическая единица – это единица языка, которая имеет самостоятельное лексическое значение и может выполнять функции единицы речи. Под лексическими единицами подразумеваются:

- 1) слова;
- 2) устойчивые словосочетания;
- 3) клишированные выражения, идиомы.

Российский лингвист Е.И. Пассова определяет лексический навык как «систематизированное действие по выбору лексической единицы адекватно замыслу и ее правильному сочетанию с другими, совершаемое в навыковых параметрах, обеспечивающее ситуативное использование данной лексической единицы и служащее одним из условий выполнения речевой деятельности» [3].

Профессор Р.К. Миньяр-Белоручев считает, что лексический навык – это способность мгновенно вызывать из долговременной памяти эталон слова в зависимости от конкретной речевой задачи [2, с. 48].

Ключевыми характеристиками лексического навыка являются автоматизированность, гибкость и сознательность. Признаками овладения лексическими навыками считаются:

- распознавание слова на слух и в письменной форме;
- знание значения слова;
- знание морфологической характеристики слова;
- умение правильно произносить и использовать слово.

Процесс овладения лексическими навыками при обучении иностранному языку состоит из трёх основных этапов (рис. 1):

- 1) ознакомление, включающее введение и объяснение;
- 2) тренировка и усвоение лексических единиц (первичное закрепление);
- 3) использование лексических единиц в процессе коммуникации.



Рис. 1. Этапы формирования лексических навыков

Первый этап подразумевает отработку произношения лексической единицы и объяснение её значения. На втором этапе предлагается выполнение упражнений на закрепление новой лексики. Третий этап представляет собой включение лексики в речевую деятельность.

На сегодняшний день существует множество онлайн-сервисов, которые направлены на работу с лексическим материалом и выполняют функции реализации перечисленных выше стадий обучения:

- 1) сервисы, помогающие в знакомстве и запоминании новой лексики;
- 2) сервисы, нацеленные на закрепление материала;
- 3) сервисы, реализующие тестирование и проверку усвоенного материала.

Анализируя современные цифровые ресурсы, предназначенные для изучения лексики в ходе дистанционного обучения иностранному языку при

синхронном/асинхронном виде коммуникации, можно выделить следующие: Quizlet, MemoWord, Memrise, AnkiApp, Wordwall, Взнания, Kahoot, Quiziz.

Веб-сервис Quizlet можно бесспорно назвать одним из лучших интерактивных онлайн-инструментов для изучения лексики иностранного языка. Алгоритм сайта включает в себя режимы для изучения, тренировки и употребления лексики. В зависимости от выбора режима данное приложение можно использовать в рамках любого этапа формирования лексического навыка. Рассмотрим подробнее данное приложение.

1 этап. Ресурс Quizlet позволяет семантизировать лексическую единицу с помощью картинки, синонимов или антонимов, дефиниций и перевода. Кроме того, есть возможность прослушать, как звучит лексическая единица. Тем самым происходит сопоставление звучания слова с его графическим образом, что позволяет быстрее усваивать закономерности, лежащие в основе чтения лексических единиц английского языка.

2 этап. Тренировочный этап усвоения лексики происходит посредством условно-коммуникативных упражнений в виде выбора наиболее подходящего перевода к лексической единице из нескольких вариантов, а также интерактивные упражнения проверки орфографии формируют навыки корректного письма на английском языке.

3 этап. Интерактивная игра, в рамках которой обучающиеся взаимодействуют между собой, употребляя изученную лексику.

Использование сервиса Quizlet помогает сформировать лексические навыки, предполагает отработку разных аспектов слова: его формы, значения и употребления.

Как видно из табл. 1, функции и возможности цифровых ресурсов для изучения лексики в дистанционном формате соотносятся с этапами формирования лексических навыков.

Электронные словари также являются важным средством обучения лексики в дистанционном формате. Онлайн-словари ABBYY Lingvo и Мультигран позволяют переводить слова и выражения с иностранных языков на русский, с русского на многие другие языки. Данные словари переводят значение слова в разных формах, показывают все устойчивые словосочетания с заданным словом, дают дефиницию лексической единице, транскрипцию и позволяют прослушать правильное произношение в нескольких вариантах, а также просмотреть примеры и особенности употребления. Одноязычные толковые онлайн-словари Cambridge Dictionary, Macmillan Dictionary, Oxford Learner's Dictionary дают полное определение слова, запись произношения слов в британском и американском вариантах, приводят устойчивые выражения и примеры использования слов.

Таблица 1

Функции и возможности онлайн-сервисов для формирования лексических навыков в дистанционном формате

Онлайн-сервисы	Функции	Возможности онлайн-сервисов
Memrise.com (https://www.memrise.com/ru/)	1. Ознакомление 2. Закрепление 3. Повторение	Электронные карточки с изображением и аудиосопровождением. Задания: «Учить новые слова», «Обычное повторение», «Быстрое повторение», «Трудные слова», «Навыки аудирования» и «Познакомься с местными».
MemoWord (https://memoword.online/)	1. Ознакомление 2. Закрепление 3. Повторение	Электронные карточки с изображением и аудиосопровождением. Задания: «Учу», «Учу на слух», «Пишем» и «Угадываю».
AnkiApp (https://www.ankiapp.com/)	1. Ознакомление 2. Закрепление	Электронные карточки с изображением и аудиосопровождением, возможности отслеживания процесса запоминания слов с помощью коротких тестов.
Wordwall (https://wordwall.net/)	1. Закрепление	Электронные карточки с изображением и аудиосопровождением. Задания: «Кроссворд», «Сопоставление», «Случайное колесо», «Анаграмма», «Расшифровать», «Случайные карты», «Диаграмма с этикетками».
Взнания (https://vznaniya.ru/)	1. Ознакомление 2. Тестирование 3. Проверка	Электронные карточки с изображением и аудиосопровождением. Задания: «Выучи слова», «Найди пару», «Скрэмбл», «Введи слово», «Домино», «Бинго», «Случайное колесо».
Kahoot! (https://kahoot.com/)	1. Тестирование 2. Проверка	Викторины, тесты, опросы.
Quiziz (https://quizizz.com/)	1. Тестирование 2. Проверка	Викторины, тесты, опросы.

Обращаем внимание на лингвистические корпуса:

1. Британский национальный корпус (British National Corpus/BNC) – это корпус текстов из 100 миллионов слов, содержащий образцы письменного и разговорного британского английского языка из широкого круга источников.

2. Корпус современного американского английского (Corpus of Contemporary American English/COCA) – это сбалансированный корпус английского языка, имеющий в свободном доступе материалы объемом 560 миллионов словоупотреблений американского английского языка.

Результаты исследования. Дидактические возможности вышеперечисленных образовательных онлайн-ресурсов для организации работы обучающихся по овладению иноязычной лексикой в дистанционном формате состоят в том, что с позиции формирования иноязычной коммуникативной компетенции, онлайн-сервисы могут использоваться при введении и семантизации новых слов, а также для автоматизации лексического навыка.

Выводы. Современные цифровые инструменты являются обязательной частью информационно-образовательной среды, их использование для изучения лексики в дистанционном режиме позволяет сформировать лексические навыки (т.е. распознавать, переводить, употреблять слова), а также создавать условия для

самостоятельной, индивидуальной траектории обучения.

Л и т е р а т у р а

1. Бадалян, А. Х. Формирование и развитие лексических навыков в процессе обучения иностранному языку / А. Х. Бадалян. – Текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2018 - № 13 (199). – С. 111-113. – URL: <https://moluch.ru/archive/199/49000/> (дата обращения: 18.06.2021)
2. Миньяр-Белоручев, Р.К. Методика обучения французскому языку. Учебное пособие для студентов педагогических институтов по специальности «Иностранные языки» [Текст] / Р.К. Миньяр-Белоручев. – М.: Высшая школа, 1990 – 124 с.
3. Пассов, Е.И., Кузнецова, Е.С. Формирование лексических навыков [Текст]: учебное пособие / Е.И. Пассов, Е.С. Кузнецова. – Воронеж: НОУ «Интерлингва», 2002 – 40 с.
4. Силаков В. А., Крылова И. А. Использование средств ИКТ при формировании лексических навыков на уроках английского языка // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2016. – Т. 11. – С. 916–920. – URL: <http://e-koncept.ru/2016/86199.htm>.
5. Филатов, В.М. Практикум по методике обучения иностранным языкам в начальной и основной общеобразовательной школе: Учебно – методическая разработка для студентов педколледжей, пединститутов, педуниверситетов / В.М. Филатов. – Ростов н/Д: АНИОН, 2004. – 112 с.
6. Шапов, А. Н. Лексические навыки устной речи и чтения – основа семантической компетенции обучаемых / А.Н. Шапов // Иностранные языки в школе. – 2007 – № 4 – С. 19-25

7. Щерба, Л. В. Языковая система и речевая деятельность / Ред. Л. Р. Зиндер, М. И. Матусевич – Л.: Наука. Ленинградское отделение, 1974. – 427 с.

Borodina A.N.

FORMATION OF LEXICAL SKILLS IN THE PROCESS OF TEACHING A FOREIGN LANGUAGE IN A DISTANCE LEARNING FORMAT

The article considers the views of scientists on the problem of the formation of lexical skills. The author's definitions of the concepts of "lexis" and "lexical skill" are clarified. The stages of the formation of lexical skills in relation to the possibilities of digital resources for learning foreign language vocabulary in a remote format are highlighted. Web services that implement the functions of familiarization, memorization, consolidation, testing and verification of lexical material are analyzed.

Keywords: lexis, lexical unit, lexical skill, digital resources, distance format.

Бородина Анжелика Николаевна, старший преподаватель кафедры теории и практики перевода ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный педагогический университет».

E-mail: borodina2205@bk.ru

Borodina Anzhelika Nikolaevna, Senior Lecturer of the Department of Theory and Practice of Translation, Lugansk State Pedagogical University.

Рецензент: Кривко Яна Петровна, доктор педагогических наук, доцент, заведующая кафедрой высшей математики и методики преподавания математики ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный педагогический университет».

Статья подана 15.11.2022 г

УДК 330.322:332.14

ПОДХОДЫ К ФОРМИРОВАНИЮ ИННОВАЦИОННОЙ ПОЛИТИКИ РЕГИОНА

Бочкова М.А.

APPROACHES TO THE FORMATION OF INNOVATION POLICY OF THE REGION

Bochkova M.A.

В статье рассмотрены актуальные вопросы подхода к формированию инновационной политики региона. Обобщена сущность понятия инновационная политика региона. Выделены приоритеты развития инновационной сферы, государственной политики, регулирования и управления развитием инновационной деятельности.

Ключевые слова: инновации, инновационная политика, региональная инновационная политика, инновационный процесс.

Введение. Достижение социально-экономической стабильности общества и высокой конкурентоспособности регионов невозможно без проведения активной экономической политики, направленной на стимулирование инновационных процессов, составляющих основу формирования инновационной экономики. Переход к рыночным отношениям, особая значимость для переходной и смешанной экономики системных свойств региона выдвигают новые требования к структуре региональной экономики. В связи с этим внимание к инновационному пути развития региональных систем обосновывает актуальность исследования подходов к формированию инновационной политики региона.

Подход к формированию инновационной политики региона невозможно реализовать без учета результатов исследований закономерностей экономического развития, изложенных в работах Я. Жалила, З. Варналия, В. Воротина, О. Почтенного, Г. Губерной, Р. Лариной, Г. Черниченко.

Анализ социально-экономического развития регионов и его инновационной составляющей предполагает использование результатов исследований проблем регионального развития, которые достаточно подробно рассмотрены в работах М. Долишнего, С. Дорогунцова, В. Куценко, В. Любченко, А. Мазура, В. Мамутова, В. Поповкина, В. Симоненко, А. Сологуба, Ю. Чернецкого, М. Чумаченко. В них предлагаются различные варианты преодоления разрывов в

развитии регионов, формулируются рекомендации по организации системы регионального управления.

Тем не менее, большинство исследователей рассматривают процессы инновационного развития вне контекста стратегии социально-экономического развития заданной системы - государства, региона, предприятия. Это приводит к разрыву между развитием реального сектора экономики и сложившейся инновационной инфраструктурой. Решение этой проблемы находится в сфере обоснования концептуального подхода к формированию политики инновационного развития региона, учитывает поведение субъектов хозяйствования в заданных условиях внешней среды, характеризуется определенным уровнем изменчивости.

Несмотря на большое внимание, уделяемое инновационной политике в последнее время, в этой сфере остается много нерешенных задач и проблем. Остается много вопросов и в отношении региональных аспектов инновационной политики. На современном этапе, когда бюджетные ресурсы страны имеют тенденцию к дальнейшему сокращению вследствие ухудшающейся внешней конъюнктуры, инфляционного ослабления национальной валюты, сокращения финансовыми институтами кредитования реального сектора экономики, а также западных санкций и ответных санкций, вопросы инновационного развития регионов должны быть приоритетными. В сложившейся ситуации необходимо создание условий, которые сделали бы инновационное развитие привлекательным и выгодным.

Целью статьи является исследование и систематизация подходов к формированию инновационной политики региона.

Изложение основных материалов. Особая роль в развитии регионов принадлежит инновационной политике. Инновационная политика региона по своей сути ориентирована на улучшение социально-экономических показателей его развития за счет эффективного использования научного и инновационного потенциала. В практической

плоскости это выводит на передний план проблему изучения и освоения реальных механизмов превращения нового знания в продуктивные или технологические новации, а также предполагает поиск путей повышения эффективности этого процесса в промышленности на основе современных методов управления.

Инновационная политика региона – это совокупность установленных целей и приоритетов развития инновационной деятельности в регионе, а также система мероприятий правового, экономического и организационного характера по созданию благоприятного экономико-правового климата и формированию инновационной культуры для активизации инновационных процессов, направленных на развитие экономики и повышение качества жизни населения региона.

В отечественной литературе выделены три подхода к определению инновационной политики.

Первый подход – структурный – рассматривает инновационную политику через совокупность ее элементов: целей, задач, направлений, принципов. Этот подход является наиболее распространенным в литературе. В проекте федерального закона «Об инновационной деятельности в Российской Федерации» государственная инновационная политика рассматривается как деятельность органов государственной власти и органов власти субъектов Российской Федерации, направленная на регулирование инновационной деятельности и разработку механизма ее реализации, поддержку субъектов инноваций, малого и среднего инновационного бизнеса, охрану интеллектуальной собственности в процессе инновационной деятельности, соблюдение национальных интересов при осуществлении внешних связей в этой сфере.

Второй – политико-экономический – раскрывает инновационную политику через систему экономических отношений между участниками инновационных процессов. Наибольшее внимания, на наш взгляд, заслуживает подход А. Н. Фоломьева, который рассматривает государственную инновационную политику как совокупность общественно-экономических отношений между государством и остальными субъектами научно-технической деятельности по поводу создания, преобразования и использования инноваций для обновления всех сфер жизнедеятельности людей при сбалансированности интересов всех участников инновационных процессов [2]. Так, аналогичное определение приводят и другие авторы. Например, А. И. Николаев и Б. К. Лисин, возглавляющие Институт стратегических инноваций, видят в инновационной политике часть общегосударственной политики в области разработки и реализации программно-целевых задач развития инновационной сферы, нормативно-правового регулирования функций субъектов и объектов инновационной политики, их отношений;

организации и контроля инновационной деятельности с учетом прав и интересов всех ее субъектов, в том числе государства [3].

Третий подход состоит в фактическом отождествлении инновационной политики с государственным регулированием, а точнее с мероприятиями, направленными на продвижение новой или улучшенной продукции на рынок.

В самом общем виде под инновационной политикой понимается совокупность научно-технических, производственных, управленческих, финансово-сбытовых и других мероприятий, связанных с продвижением новой или улучшенной продукции на рынок. Такое определение, в принципе, не только не противоречит выше приведенным, но и является их логическим продолжением, поскольку без создания соответствующих условий, а также комплекса мер, стимулирующих инновационную деятельность, невозможно осуществление эффективной инновационной политики.

В приведенной формулировке отражена важнейшая функция инновационной политики – преодоление нестыковки науки и производства, установление между субъектами инновационной деятельности разнообразных взаимосвязей и формирования на этой основе инновационной системы на различных уровнях управления. Безусловно, все выделенные подходы не противоречат друг другу, а свидетельствуют о том, что инновационная политика емкое понятие, требующее системного подхода к ее изучению. В данной связи, необходимо иметь в виду, что при формировании инновационной политики и ее реализации следует учитывать все три приведенных направления одновременно.

Результаты исследований. Формирование государственной политики, регулирования и управления развитием инновационной деятельности должно основываться на системном, комплексном, воспроизводственном, нормативном, интеграционном и директивном подходах [1].

Системный подход определяет построение всей системы управления инновационной деятельностью и определяет направления ее развития и политики в данной области. Комплексный подход обеспечивает охват всех элементов и направлений инновационной деятельности, а не только приоритетные направления или отрасли оборонного комплекса. Нормативный подход предполагает разработку системы государственных нормативов развития инновационной сферы. Воспроизводственный подход основан на постоянном возобновлении производства как объекта для удовлетворения потребностей конкретного рынка с меньшими, по сравнению с лучшим аналогичным объектом, на данном рынке совокупными затратами на единицу полезного эффекта. Интеграционный подход обеспечивает взаимосвязи по всем уровням управления инновационной деятельностью, по

регионам и отраслям. Директивный подход означает обязательность исполнения нормативных, правовых, законодательных актов. Комплексное использование этих подходов, принципов управления может обеспечить рациональное построение системы государственного регулирования, стимулирования и государственной политики в инновационной сфере, способствовать построению национальной инновационной системы.

Разработка и реализация региональной инновационной политики направлена на повышение вклада научно-инновационной сферы в НТП страны, в экономику региона, улучшение социально-экономических показателей региона за счет эффективного использования его инновационного потенциала.

Самым реалистичным по выбору приоритетов развития инновационной сферы можно считать подход, ориентированный на глобальные критерии НТП, развитие высоких технологий.

Вторым обобщающим ориентиром в выборе приоритетов научно-инновационного развития является достижение целей его социально-экономического развития. Главная задача органов регионального управления при этом состоит в создании благоприятной экономической среды и условий для повышения инвестиционной активности в научно-инновационной сфере.

Третий момент: инновационная политика в регионе должна иметь селективный, строго избирательный характер, не стремясь охватить все направления научно-технического развития, а, выбрав узкие поля стратегического прорыва, по которым возможно достижение или превышение мирового технологического уровня, сконцентрировать на этих полях основную часть ограниченных централизованных и региональных ресурсов.

Четвёртый момент: приоритеты региональной научно-технической и инновационной политики нужно ориентировать на деконцентрацию научного потенциала, поворот его к насущным нуждам комплексного развития и самообеспечения регионов, формирование сети технополисов и наукоградов.

Каждый регион имеет свою специфическую, воспроизводственную, отраслевую и технологическую структуру, свою систему приоритетов и должен рассчитывать на собственные силы и ресурсы при реализации этой стратегии. Однако, в условиях переходной экономики таких сил и ресурсов, как правило, немного или вообще нет, поэтому необходимы федеральные инновационные программы, нацеленные на оказание стартовой помощи в технологическом преобразовании регионов, на развитие инновационной инфраструктуры, подготовку кадров и т.д.

При формировании инновационной политики особое значение приобретает создание

организационно-экономического механизма на региональном уровне с решающей ролью конкуренции. Такой механизм призвано поддержать государство, во-первых, дающее широкие права регионам по развитию региональных экономик, а во-вторых, принимающее специальные меры поддержки конкуренции и обозначающее приоритетную поддержку инновационных предприятий. Основой конкурентоспособности региона может выступить его инновационная система как внутренний элемент организационно-экономического механизма научно-инновационной политики региона, интегрирующий научно-технический, технологический, инвестиционный и человеческий потенциалы региона. В современной экономике эти компоненты, тесно взаимодействуя между собой и пронизывая всю структуру регионального хозяйства, становятся своего рода способом его функционирования и развития. Региональная инновационная активность в значительной степени определяется инвестиционным климатом и восприимчивостью региональной научно-производственной системы, т.е. способностью к эффективному потреблению субъектами региональной экономики инноваций.

Выводы. В результате проведенного исследования можно сделать вывод, что под инновационной политикой региона целесообразно понимать составляющую политики социально-экономического развития, которая актуализируется в случае несоответствия режима функционирования региональной экономической системы внешним вызовам. Инновационная политика региона представляет собой инновационный аспект политики социально-экономического развития этого региона. Целесообразность других аспектов инновационной деятельности – создание организационных структур, формирующих инфраструктуру для инновационной деятельности, подготовки кадров – определяется также целями социально-экономического развития региона.

Для успешного пространственного развития следует рассматривать инновационную деятельность в широком понимании применительно ко всем региональным подсистемам, межрегиональной и региональной производственной, социальной, институциональной инфраструктуре, к образованию, малому бизнесу, сфере услуг, маркетингу, логистике и др.

Л и т е р а т у р а

1. Инновационный менеджмент/ Под ред. Р.А. Фатхудинова. – М., 2000.
2. Инновационные процессы: История развития и современная практика. / Под ред. С.М. Лисовского, А.В. Яковлева и др. – Саратов, 2003.
3. Николаев А.И., Лисин Б.К. Инновационная культура как культура перемен // Инновации. – 2002. – № 2-3.

Bochkova M.A.
**APPROACHES TO THE FORMATION OF
INNOVATION POLICY OF THE REGION**

The article deals with topical issues of the approach to the formation of the innovation policy of the region. The essence of the concept of innovation policy of the region is generalized. The priorities of the development of the innovation sphere, state policy, regulation and management of the development of innovation activity are identified.

Keywords: innovations, innovation policy, regional innovation policy, innovation process.

Бочкова М.А., аспирант кафедры туризма и гостиничного дела ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

Bochkova M.A., postgraduate student of the department of tourism and hotel business SEE HT LPR «Luhansk Vladimir Dahl State University».

Рецензент: Свиридова Наталья Дмитриевна, д.э.н., профессор ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 25.12. 2022г.

УДК 342.553

ИНСТИТУТ МЕСТНОГО САМОУПРАВЛЕНИЯ ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ В СИСТЕМЕ ОРГАНОВ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ВЛАСТИ РФ

Братковский М.Л., Стрельцова Н.Л.

INSTITUTE OF LOCAL SELF-GOVERNMENT OF THE DONETSK PEOPLE'S REPUBLIC IN THE SYSTEM OF STATE AUTHORITIES OF THE RUSSIAN FEDERATION

Bratkovsky M.L., Streltsova N.L.

В статье рассматривается понятие административно-территориального устройства государства и выполнен анализ статуса органов местного самоуправления ДНР. В современных условиях институт местного самоуправления выступает одним из основных элементов конституционного устройства Российской Федерации, являясь при этом важной составляющей процедуры построения нормативно обоснованной структуры аппарата управления, одна из важнейших задач которого состоит в эффективном разрешении социально-значимых вопросов с целью удовлетворения интересов территориальных общин.

Ключевые слова: институт местного самоуправления, нормативный акт, элемент конституционного устройства, правовое положение института местного самоуправления в РФ.

Введение. Институт местного самоуправления выступает одной из важнейших основ конституционного строя России, гарантии которого закреплены в Основном Законе государства [1].

Так, в Российской Федерации признается и гарантируется, в пределах своих полномочий, самостоятельность местного самоуправления, органы которого не входят в систему органов государственной власти, что закреплено в статье 12 Основного Закона.

Стоит также указать, что в Главе 8 Конституции РФ указано, что «местное самоуправление в Российской Федерации обеспечивает самостоятельное решение населением вопросов местного значения, владение, пользование и распоряжение муниципальной собственностью» [1].

В соответствии с внесенными по результатам общероссийского голосования поправками в Конституцию, местное самоуправление, наряду с органами государственной власти, входит в единую систему публичной власти РФ, которые, с целью наиболее эффективного решения задач в интересах населения, проживающего на соответствующей

территории, осуществляют взаимодействие, сотрудничество и согласованность.

Под основополагающими элементами местного самоуправления понимаются организационная обособленность муниципальных образований, а также финансово-экономические, закрепленные в законодательстве, сферы деятельности и полномочия указанного правового института, которые прописаны в ФЗ № 131-ФЗ от 06.10.2003 «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации» [1].

В указанном нормативном акте под понятием «вопросы местного значения» понимаются проблемы, связанные с непосредственным обеспечением жизнедеятельности населения муниципального образования, разрешение которых выполняется населением и (или) органами местного самоуправления самостоятельно.

Цель настоящей работы состоит в анализе института местного самоуправления Донецкой Народной Республики в системе органов государственной власти РФ, что предполагает выявление особенностей законодательства, регламентирующего административно-правовой статус органов местного самоуправления указанного субъекта с последующей выработкой конструктивных предложений с целью их нормативно-правового закрепления в правовой системе Республики.

Анализ научных исследований. Различные аспекты деятельности органов государственной власти и местного самоуправления в своих работах затрагивали современные ученые, в частности С.А. Авакьян [2], Л.В. Гулидов [3], К.Н. Иванова [4], Д.Ю. Завьялов [5], Е.С. Шугрина [6] и др., однако, особенности института местного самоуправления Донецкой Народной Республики в ее статусе субъекта Российской Федерации требуют дополнительного рассмотрения, изучения и анализа, что обосновывает важность дальнейших исследований указанной проблематики.

Результаты исследований. Под местным самоуправлением понимается право граждан, местного сообщества (населения определенной территории) на самостоятельное выполнение местных задач посредством разрешения их проблем, объединенных общими территориальными условиями проживания. В такой способ государство признает самостоятельность рассматриваемого института в пределах его полномочий, а также берет на себя обязанность по созданию необходимых условий по их реализации. Осуществление такого права обеспечивается системой судебных органов, рядом гарантий, закрепленных Основным Законом и другими законодательными актами.

Стоит отметить, что местное самоуправление представляется возможным охарактеризовать и как форму, способ организации и реализации населением власти на местах, в процессе чего обеспечивается разрешение гражданами, по своему усмотрению, вопросов местного уровня с учетом исторически сформировавшихся и устоявшихся местных устоев, традиций и обычаев. Кроме того, эта форма означает, что граждане и создаваемые ими органы местного самоуправления принимают на себя ответственность за результаты реализации своих управленческих решений.

Местное самоуправление является связующим звеном между государством и обществом, поскольку ему присуща ключевая роль в обеспечении конституционности, а соответственно, и эффективности деятельности государственной власти. При этом, указанный институт охватывает определенный комплекс социальных явлений, проявляющихся в процессе жизнедеятельности общества, с учетом происходящих в государстве демографических, национальных, политических, религиозных, исторических и ряда других факторов.

Считаем важным также указать, что самоуправление в юридической науке принято рассматривать как рассредоточенную форму муниципального правления, предусматривающую независимость властных структур, которые являются органами местных территориальных сообществ [12, с. 48].

На исторических этапах своего развития, в зависимости от формы государственного управления и административно-территориального устройства государства, указанный правовой институт формировался, подвергался изменениям, усовершенствовался, что оказывало существенное влияние на структуру системы местного самоуправления, под которой следует понимать условное разделение административно-территориальной единицы на определённые части на научно-обоснованном уровне [8, с.118].

Отметим, что органы местного самоуправления выступают субъектами урегулированных нормами не только административного, но и конституционного, гражданского, а также других отраслей права, правоотношений, поскольку

правовая сущность понятия «местное самоуправление» тесно связана с механизмом разрешения указанными субъектами возложенных на них задач во всех сферах общественной и политической жизни в пределах территории обслуживания.

Следует также уделить внимание характерным чертам самоуправления, среди которых: административная-территориальная единица как географическое понятие; местное население (граждане), проживающее в ее пределах (населенный пункт, район), на которой распространяется юрисдикция органа местного самоуправления; муниципальное имущество (собственность), принадлежащее этим органам; собственная компетенция как самостоятельность при разрешении вопросов местного значения; нормативно – правовые акты, принимаемые местными органами власти в установленном порядке; система местных сборов и налогов.

Далее считаем обоснованным несколько детально рассмотреть правовое положение института местного самоуправления в РФ, действующего на момент вхождения в ее состав в качестве отдельного субъекта Донецкой Народной Республики.

Так, 01.01.2006 в Российской Федерации вступил в силу ФЗ № 131-ФЗ «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации» [9], в соответствии с которым под местным самоуправлением понимается форма власти, которая обеспечивает населению возможность, под свою ответственность, самостоятельно разрешать вопросы местного значения.

Таким образом, местное самоуправление представляет собой легитимный механизм разрешения значительного количества актуальных для населения проблем с целью удовлетворения их потребностей, в т.ч. путем передачи последним отдельных государственных полномочий.

С целью развития экономики и социальной сферы в муниципалитетах с 01.01.2009 (переходный период) на все регионы РФ была возложена обязанность по выполнению определенного объема работы для формирования необходимой правовой базы и создания, в соответствии с положениями принимаемых нормативных актов, условий. В этот период было выполнено разграничение полномочий между субъектами государственной власти и местным самоуправлением, и, как результат, многие полномочия были делегированы последним. Для постепенного же перехода к новой системе общественного устройства был определен трехлетний период.

С 01.01.2009 должностные лица были наделены компетенцией по исполнению в полном объеме полномочий, предусмотренных вышеуказанным федеральным Законом, а также по самостоятельному разрешению вопросов обеспечения

жизнедеятельности населения соответствующих территорий. Как пример, укажем, что Ленинградская область была одним из тех регионов, где с 01.01.2006 местное самоуправление реализуется в полном объеме. Но, к сожалению, многие граждане не в полном объеме владеют информацией о сути и значении рассматриваемого правового института.

Принимая к сведению изложенное выше, представляется возможным утверждать, что органы местного самоуправления и государственной власти Республики до ее вхождения в состав РФ, были самостоятельными и независимыми при реализации своих полномочий.

Далее считаем важным указать, что с целью признания ДНР Президент Российской Федерацией В.В. Путин подписал Указ № 71 от 21.02.2022 «О признании Донецкой Народной Республики» и на сегодняшний день ее независимость уже признана тремя государствами-членами ООН – Россией (21.02.2022), Сирией (29.06.2022), КНДР (13.07.2022), а также отдельными частично признанными государствами – Абхазией и Южной Осетией.

Ранее, 03.10.2022 этот документ был единогласно принят на пленарном заседании депутатами ГД РФ, которая ратифицировала Договор между Российской Федерацией и Донецкой Народной Республикой о принятии в Российскую Федерацию Донецкой Народной Республики и образовании в составе Российской Федерации нового субъекта (ФЗ № 372-ФЗ от 04.10.2022, вступил в силу 05.10.2022).

После этого Президент РФ В.В. Путин подписал федеральный конституционный Закон «О вхождении Донецкой Народной Республики в состав Российской Федерации» [1] (ратифицирован ФЗ № 372-ФЗ от 04.10.2022, вступил в силу 05.10.2022, в соответствии с которым со дня принятия региона в состав России и до 01.01.2026 г. действует переходный период, на протяжении которого проживающим там гражданам будут обеспечены гарантии при осуществлении трудовой деятельности посредством признания документов, в частности, об образовании, о гражданском состоянии, подтверждающих стаж трудовой деятельности, право на получение пенсий, социальной и медицинской помощи и др., выданные как в Донецкой Народной Республике, так и в Украине.

Кроме того, устанавливаются гарантии в сфере оборота имущества, разрабатывается правовой механизм регулирования оборота недвижимости, земельных, кадастровых отношений. На период до 01.01.2028, на основании документов, выданных органами государственной власти Республики и РФ, будет осуществляться процедура госрегистрация прав на недвижимое имущество.

Кроме того, до 01.06.2023 в Донецкой Народной Республике будут проводиться мероприятия по образованию территориальных

подразделений местных (федеральных) органов исполнительной власти и определению границ муниципальных образований.

Бюджетное же законодательство будет применяться в ДНР с 01.01.2023, когда Правительство Российской Федерации утвердит порядок составления проекта бюджета Республики на 2023 г., а также предусмотрит процедуры его исполнения и формирования бюджетной отчетности.

Стоит также указать, что территориальная организация местного самоуправления, согласно Конституции РФ, осуществляется вне зависимости от административно-территориального устройства субъектов Федерации, поскольку признается пространственной основой для реализации муниципальной власти и конституционной гарантии граждан, подтверждающей возможность самостоятельного разрешения вопросов жизнедеятельности по месту проживания.

Принимая во внимание вышеизложенное, представляется возможным утверждать, что законодательство Республики гарантирует местному самоуправлению реализовываться как одной из форм осуществления народовластия, обеспечивая при этом в законодательно очерченных границах, с учетом исторических, этнических, национальных и других традиций, самостоятельное разрешение гражданами вопросов местного значения.

При этом, территориальные органы местного самоуправления тесно сотрудничают между собой.

Считаем важным также отметить, что структура органов местного самоуправления, в соответствии с положениями ст. 34 ФЗ РФ №131 «Об общих принципах организации местного самоуправления в РФ» представляет собой:

- выборный орган местного самоуправления;
- муниципальный субъект, разграничивающий населенные пункты в Российской Федерации;
- главы городов и других населенных пунктов;
- местная администрация;
- контрольный орган муниципального образования (контрольно-счетная палата);
- иные органы и выборные должностные лица местного самоуправления [9].

Муниципальное образование, в соответствии с ФЗ «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации», представляет собой городское или сельское поселение, муниципальный район, городской округ либо внутригородская территория города федерального значения» [9].

В нынешних условиях формами реализации местного самоуправления РФ признаются:

- местные выборы;
- сбор граждан по вопросу изменения границ населенного пункта;
- территориальное общественное самоуправление;
- публичные слушания;

– собрания граждан как делегатов от населенных пунктов для конференции;

– опрос граждан [9].

Отметим, что законодательство РФ предусматривает объем полномочий каждого местного органа по отдельно взятым сферам деятельности.

Так, ФЗ Российской Федерации «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации» перечисляет следующие виды муниципальных образований:

– *муниципальные районы*, под которыми следует понимать несколько объединённых между собой населенных пунктов, в границах которых самоуправление реализуется для разрешения вопросов местного значения межпоселенческого характера населением непосредственно и (либо) посредством выборных и других органов местного самоуправления, которым делегированы отдельные государственные полномочия согласно

законодательству РФ;

– *городские округа* представляют собой поселения, образующиеся на основе городского населенного пункта, которому присущи полномочия муниципального района;

– *внутригородские территории городов федерального значения* [9].

С учетом вышеизложенного считаем обоснованным предложить образование таких видов органов местного самоуправления в ДНР: городские, сельские поселения, муниципальные районы и городские округа.

С учетом опыта формирования структуры органов местного самоуправления в Республике Крым как субъекта Федерации, недавно вошедшего в состав РФ, считаем целесообразным предложить более подробно изучить составные элементы этой процедуры с последующим их внедрением в условиях ДНР.

Таблица 1

Нормативная основа деятельности местного самоуправления г. Севастополь

№	Номер, дата	Название основных законов действующего законодательства
1	№ 17-ЗС от 03.06.2014	«Об установлении границ и статусе муниципальных образований в городе Севастополь»
2	№ 20-ЗС от 03.06.2014	«О выборах депутатов представительных органов внутригородских муниципальных образований города Севастополь»
3	№ 25-ЗС от 03.06.2014	«О структуре и наименовании органов местного самоуправления в городе Севастополь, численности, сроках полномочий и дате проведения выборов депутатов представительных органов внутригородских муниципальных образований первого созыва в городе Севастополь»
4	№ 53-ЗС от 05.08.2014	«О муниципальной службе в городе Севастополь», а также Устав города
5	№ 102-ЗС от 30.12.2014	«О местном самоуправлении в городе Севастополь»

Итак, местное самоуправление г. Севастополь представляет собой правовой механизм самостоятельной реализации его жителями народной власти по вопросам местного значения, при котором внутригородское муниципальное образование как часть территории города, в границах которого местное самоуправление осуществляется населением непосредственно и посредством выборных органов и других органов местного самоуправления, создаваемых в пределах административно-территориальных границ.

Кроме того, в городе действует Законодательное Собрание – орган, наделенный полномочиями, в частности, правом законодательной инициативы в Государственной Думе Федерального Собрания Российской Федерации; правомочный принимать нормативные акты; официально их толковать; выполнять законодательное регулирование вопросов, отнесенных к его ведению; утверждать бюджет города; устанавливать городские налоги и сборы и др.

В г. Севастополь исполнительная власть осуществляется Губернатором, Правительством и другими субъектами. Судебная власть

реализовывается судебными участками и мировыми судьями. В городе также учреждена должность генерального прокурора, который призван осуществлять надзор за порядком соблюдения законности как физическими, так и юридическими лицами [10].

Выводы. В связи с тем, что Конституции РФ, организация местного самоуправления непосредственно зависит от административно-территориального деления государства, то и органы местного самоуправления, соответственно, образуются и выполняют свои полномочия в соответствии вышеуказанными принципами.

Также в ДНР действуют: представительский орган – Народный Совет; Правительство ДНР – Совет Министров, выполняющий функции центрального органа исполнительной власти.

Воссоединение ДНР с Россией сопровождается правовыми преобразованиями его административно-территориального статуса.

На сегодняшний день Республика является субъектом Федерации России. Местное самоуправление состоит из муниципальных образований, графика которых, в свою очередь, осуществляется на: городские округа и районы;

городские и сельские поселения, а также внутригородские образования в пределах Донецкой Народной Республики, столица которой получила статус города федерального значения.

Законодательством РФ предусмотрена возможность непосредственного участия населения муниципальных образований в деятельности института местного самоуправления, которая реализуется, в частности, посредством муниципальных выборов, местного референдума, публичных слушаний, правотворческой инициативы граждан.

Литература

1. Конституция РФ (принята всенародным голосованием 12.12.1993 г.) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.constitution.ru/> (дата обращения 28.02.2019 г.).

2. Авакян С.А. Особенности российской правовой модели местного самоуправления и пути ее совершенствования // Проблемы и коллизии в законодательстве Российской Федерации о местном самоуправлении. М., 2008 г.

3. Гулидов Л.В. Проведение местного референдума и муниципальных выборов // Практика муниципального управления, № 2, 2010 г.: <http://mcfr.ru/journals/67/208/18223/18224/index.php>.

4. Иванова К.Н. Участие населения в местном самоуправлении как способ повышения социальной ответственности граждан // Вестник ПАГС, 2010 г., №1 / Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>.

5. Завьялов Д.Ю. Вопросы местного значения: методологический аспект // Бюджет.ру. Режим доступа: <http://bujet.ru/article/15152.php>.

6. Шугрина Е.С. Разграничение полномочий между органами местного самоуправления муниципальных районов и поселений // Вестник Тюменского государственного университета, 2009 г., №2. Режим доступа: http://elibrary.ru/author_items.asp?authorid=484215.

7. Муниципальное право: учебник для бакалавров / отв. ред. В.И. Фадеев. – Москва: Проспект, 2014 г. – 336 с.

8. Малько А.В. [и др.]. Большой юридический словарь / под ред. А.В. Малько. М.: Проспект, 2009 г. – 703 с.

9. Федеральный Закон № 131 от 06.10.2003 г. – ФЗ «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации» (ред. от 06.02.2019) [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_44571/ (дата обращения 19.02.2019 г.)

10. Закон Республики Крым № 54-ЗРК от 21.08.2014 г. «Об основах местного самоуправления в Республике Крым» (ред. от 09.01.2019 г.) [Электронный

ресурс]. – Режим доступа: <https://rg.ru/2014/08/29/krim-zakon54-reg-dok.html>

Bratkovsky M.L., Streltsova N.L.

INSTITUTE OF LOCAL SELF-GOVERNMENT OF THE DONETSK PEOPLE'S REPUBLIC IN THE SYSTEM OF STATE AUTHORITIES OF THE RUSSIAN FEDERATION

The article discusses the concept of the administrative-territorial structure of the state and analyzes the status of local self-government bodies of the DPR. In modern conditions, the institution of local self-government is one of the main elements of the constitutional structure of the Russian Federation, while being an important component of the procedure for building a normatively sound structure of the administrative apparatus, one of the most important tasks of which is to effectively resolve socially significant issues in order to satisfy the interests of territorial communities.

Key words: institution of local self-government, normative act, element of the constitutional structure, legal status of the institution of local self-government in the Russian Federation.

Братковский Мирон Леонидович, доктор наук по государственному управлению, профессор кафедры «Гражданского и предпринимательского права» ГОУ ВПО «Донецкая академия управления и государственной службы при Главе ДНР», г. Донецк.

E-mail: hp@donampa.ru

Bratkovsky Miron Leonidovich, Doctor of Science in Public Administration, Professor of the Department of Civil and Business Law, Donetsk Academy of Management and Public Administration under the Head of the DPR, Donetsk.

Стрельцова Надежда Леонидовна, к.э.н., доцент кафедры «Административного и финансового права» ГБОУ ВО «Донбасская юридическая академия», г. Донецк.

E-mail: dnkc22@gmail.com

Streltsova Nadezhda Leonidovna, Candidate of Economics, Associate Professor of the Department of "Administrative and Financial Law" of the Donbass Law Academy, Donetsk.

Рецензент: Петрушевская Виктория Викторовна, д-р экон. наук, профессор, зав.кафедрой финансов ГОУ ВПО «Донецкая академия управления и государственной службы при главе Донецкой Народной Республики».

Статья подана 15.11.2022 г

УДК 101.1:316.33

РОЛЬ СЕТИ ИНТЕРНЕТ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ВКЛЮЧЕННОСТИ МОЛОДЕЖИ В СПОРТИВНУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Герасимов М.В.

THE ROLE OF THE INTERNET IN ENSURING THE INVOLVEMENT OF YOUNG PEOPLE IN SPORTS ACTIVITIES

Gerasimov M.V.

В статье анализируются роли сети Интернет во включенности молодежи в пространство спортивной деятельности. Рассматриваемый ресурс способствует достижению данной цели через реализацию трех функций: информационной, аксиологической и коммуникативной.

Ключевые слова: сеть Интернет, молодежь, социальные барьеры, спорт.

Введение. С того периода, как Интернет стал обыденной частью повседневной жизни современного человека, среди специалистов не утихают споры о том, какую роль он играет в организации досуга молодежи. Пожалуй, можно сказать, что преобладают негативные оценки. Сетевое пространство рассматривается в качестве альтернативы реальному пространству, выступая в роли его суррогата, подмены подлинной реальности виртуальной [1].

Целью работы является интерес к изучению широко распространившимся в последние годы социальным сетям, где молодежь проводит огромную часть своего времени, что послужило предметом серьезной озабоченности философов, педагогов и психологов [2].

Изложение основных материалов. Специалистами в области молодежи и представителями предыдущих поколений Интернет-пространство стало восприниматься как угроза сложившимся в реальном мире спортивным практикам и перенос их в виртуальное поле.

Особенно четко и категорично подобную позицию занимают специалисты в области спорта. Физическая культура и спорт традиционно связываются в отечественной науке с распространением ценностей здорового образа жизни, физической активности, стремления к телесному и духовному совершенствованию. Интернет-пространству, даже таким его проявлениям, как киберспорт, приписывают совсем иной вектор движения, маршрут которого выстроен в противоположном направлении от означенных

выше ценностей. Интернет-участие чаще всего отождествляется с сидячим, как минимум, малоактивным образом жизни, следствием которого становится минимизация физического (телесного) движения. В результате, многие исследователи исходят из установки, что спорт как социальная практика традиционного характера разрушается из-за появления глобальной сетевизации, так как свободное время молодежи начинает непропорционально распределяться исключительно в пользу сетевого взаимодействия.

Констатируя огромный положительный потенциал спорта для молодежи, необходимо обратить внимание на его доступность для молодежи и факторы препятствующие включению в его пространство. Развитию массового молодежного спорта в современной России в значительной степени препятствует его коммерциализация: абсолютное большинство спортивных услуг сейчас предоставляется за плату (это касается как спортивных клубов и центров, так и в массовых спортивных соревнованиях, участники которых должны платить стартовые взносы). В настоящее время от органов государственной власти и органов местного самоуправления, ответственных за развитие массового спорта, требуются существенные усилия по созданию сети бесплатных спортивных клубов по месту жительства, а также по оказанию соответствующей информационной поддержки населению в организации занятий физической культурой и спортом.

В последние годы проблема доступности массового спорта для молодежи специально изучалась А.А. Болониним. Он заслуженно выделяет два основных барьера, которые препятствуют свободному вхождению молодежи в пространство массового спорта: коммерциализацию и профессионализацию [3]. Под коммерциализацией понимается отношение к спорту как разновидности платной услуги, которая на возмездной основе предоставляется не только коммерческими предприятиями, что ожидаемо, но и

муниципальными спортивными организациями, которые должны предоставлять возможность заниматься спортом бесплатно [4]. Коммерциализация является результатом недостаточного финансирования спортивной сферы со стороны государства. Профессионализация интерпретируется А.А. Болозиным как изменение приоритетов в финансировании подготовки спортивного резерва с подушевого на результат [5]. Во-первых, такие изменения коренным образом разрушают традиционно устоявшийся порядок тренировки российских спортсменов, смещая акцент с процесса обучения на промежуточный результат, имеющий крайне маловажное значение с точки зрения подготовки кадров для спорта высших достижений. Это разрушает базовую основу профессионального спорта. Во-вторых, чрезмерная нацеленность на результат уже в детском спорте подрывает платформу, необходимую для устойчивого и широкого развития массового спорта. К 21 году большая часть успешных молодых спортсменов уходит в профессионалы, а те, кто не добился больших спортивных результатов, оказываются за рамками организованной государством спортивной деятельности, будучи предоставленными самим себе.

Спорту, в котором принимает участие российская молодежь, заметно не хватает спортивной составляющей. Так, например, студенты и школьники участвуют в разного рода спортивных турнирах. После окончания вузов молодежь переходит в профессиональную сферу, которая не сегментирована спортивной деятельностью. Безусловно, проводятся какие-то турниры, проводимые с целью участия в них представителей трудовых коллективов, действуют разного рода федерации, регулирующие спортивную жизнь в области непрофессионального спорта, но вся организационная структура массового спорта подчинена либо в строгом смысле слова коммерческим задачам, либо образована как имитационный продукт. Так, нередко коммерческие предприятия участвуют в спортивных состязаниях не для вовлечения своих работников в сферу здорового образа жизни, а ради рекламы своего бренда. В таком качестве провозглашается принцип "победа любой ценой", что приводит к комплектованию команд не из сотрудников своего коллектива, а из полупрофессиональных спортсменов людей, не добившихся больших успехов в мире профессионального спорта. Их формально принимают в штат, назначают фиктивную заработную плату, а реальная оценка их вклада в функционирование организации оценивается по результатам участия в спортивных соревнованиях. Как следствие такой порочной практики, образуется ограниченный круг спортсменов, продающих свои услуги работодателям. Что касается спортивной жизни самого предприятия, то она стремительно движется

к нулю из-за нежелания руководства тратить время и финансовые ресурсы на подготовку собственных спортсменов. Нахождение спортивного ресурса на стороне, хоть и бесполезно с точки зрения развития спорта на предприятии, зато дешевле по затратам и эффективнее с позиции коммерческого брендинга. Подобного рода практики получили распространение ещё в советское время и были высмеяны в комедии 1963 года "Штрафной удар". Но тогда это считалось явлением исключительным и девиантным, а сейчас нормативным и обыденным.

Его нормативность и обыденность также находит подкрепление в имитационности проведения спортивных соревнований. Это становится следствием известного формализма в процессе их организации, когда основная цель спорта сводится к демонстрации не реальных, а приписываемых достижений, полученных вне соревновательных практик в кабинетах "творцов отчетности". Как правило, подобного рода манипуляции совершаются в бюджетных организациях, чьи руководители отчитываются перед вышестоящими структурами из профильных министерств и ведомств.

В итоге молодежь возрастной группы 21-30 лет находится за пределами любых институционализированных форм спортивной деятельности, оставаясь на началах самоорганизации. В отдельных случаях это не приводит к негативному эффекту, особенно если речь идёт в строгом смысле слова о физической культуре, а не спорте, когда отсутствуют соревновательные практики. Но отсутствие необходимой среды для спортивной деятельности не влияет негативно на вовлеченность в спорт лишь той части молодежи, которая способна находить внутренние импульсы, необходимые для жизнедеятельности в сфере спорта, то есть, иными словами, уже обладает мотивациями и субъектностью.

Результаты исследования. Однако, стоит отметить, что сетевое пространство действительно может быть важным ресурсом, способствующим росту вовлеченности молодежи в спортивную деятельность.

В рассматриваемом качестве глобальная сетевизация выступает как особый ресурс, способный в определенной мере помочь молодежи в преодолении социальных барьеров и препятствий негативно влияющих на доступности спорта для молодежи.

Наличие барьеров и препятствий для занятий спортом приводит к снижению его ценности в молодежном сознании как реальной практики. При этом лишь постоянно повышается значимость сетевого пространства Интернет как пространства постоянного прибывания молодежи.

Что касается наиболее распространенной позиции российского научного сообщества связанной с тем, что спорт как социальная практика

традиционного характера, в условиях глобальной сетевизации будет разрушаться из-за непропорционального распределения свободного времени молодежи исключительно в пользу сетевого общества, не подтверждаются. Анализ процессов, протекающих в сетевом пространстве, показал, что его можно рассматривать в качестве ресурса, обеспечивающего включенность российской молодежи в спортивную деятельность. Глобальная сетевизация имеет колоссальный ресурсный потенциал как для решения проблем ценностной составляющей духовной сферы молодых людей в отношении готовности принять спорт (дефекты спортивной субъектности), так и для обеспечения доступности участия в спортивных мероприятиях. Этот ресурс решает указанные выше проблемы через реализацию трех функций: информационной, аксиологической и коммуникативной.

Воплощение информационной функции сопровождается созданием институционализированного пространства, включающего самые разнообразные источники информации, предметно связанные со спортивной жизнью. Это размещенные в электронной среде спортивные газеты (или спортивные рубрики общетематических газет), блоги, сайты спортивных команд, спортивные группы в социальных сетях и мессенджерах.

В рамках аксиологической функции глобальной сетевизации создаются условия для пропаганды спортивных ценностей, популяризации спорта в массовом сознании. Интернет в таком качестве приобретает свойства квазисубъектности, поскольку абсорбирует в себя огромное количество социальных акторов, использующих его ресурсы для утверждения в массовом сознании важности здорового образа жизни. Коммуникативная функция осуществляется в ходе непосредственного взаимодействия социальных акторов, где одна часть процесса спортивной деятельности протекает в виртуальном пространстве, а другая – в реальном. При этом посредством сети обеспечивается создание спортивных групп, происходит формирование спортивных команд, обсуждается место встречи, выбор спортивных объектов, взаимная поддержка участников спортивных сообществ и т.п.

Помимо этого, вовлечению молодежи в систематические физкультурные и спортивные занятия должны способствовать популяризация здорового образа жизни, физической культуры и спорта в образовательных и других учреждениях, широкое использование возможностей сети Интернет для пропаганды эффективных физкультурно-оздоровительных систем. В рамках пропаганды здорового образа жизни и спорта важную роль призваны играть ведущие спортивные специалисты и спортсмены, популярные политики и

общественные деятели, средства социальной рекламы.

Главным звеном информационного пространства Интернет в локации спортивной тематики являются специализированные газеты. В России имеются две ведущие федеральные спортивные газеты, выходящие как на бумаге, так и в электронном формате: "Спорт-экспресс" и "Советский спорт". По сути, они действуют как масштабные интернет площадки, обеспечивающие самые разные формы подачи информации. Это, собственно, сама газета, отдельные сегменты по видам спорта, профессиональным лигам, наиболее популярным соревнованиям (чемпионаты мира и Европы, Олимпийские игры, кубки мира и т.п.), а также специализированный новостной поток, подключенный к каждой тематической ветке информационного портала. Любое информационное сообщение можно обсудить на форуме при наличии регистрации. По такому же принципу действуют и различные спортивные новостные порталы. В значительной степени они удовлетворяют потребность читателей в получении информации о жизни в мире спорта, коммуникативную потребность в общении, демонстрации собственной осведомленности и даже являются клапаном для "выпуска пара", чтобы снизить градус социального напряжения. Но при этом информационные порталы являются важнейшей сетевой площадкой, обеспечивающей концентрацию внимания молодежи из разных регионов на спортивной тематике, не позволяя вытеснить спортивные ценности на периферию социальных потребностей и интересов, где они перестанут играть роль фактора, обеспечивающего вектор устремленности в сторону спортивных ценностей. Спортивные газеты и информационные порталы, привязанные к ним и существующие отдельно, это важнейшая часть информационной инфраструктуры. Они играют огромную роль в институционализации информационного поля спортивной жизни, обеспечивая долговременный интерес к ней со стороны разных возрастных групп, включая молодежь, которая традиционно демонстрирует на таких ресурсах наиболее высокую степень активности в качестве пользователей.

В настоящее время большую роль в создании необходимого информационного поля, где производится спортивный контент самого разнообразного содержания, играют блоги. Этот источник информации представляет собой веб-сайт, который создает и ведет блогер как основной ньюсмейкер данного ресурса [6]. Законодательно блог приравнивается к средству массовой информации, если в течение суток на страницу к владельцу веб-сайта заходит не менее трех тысяч человек. Если данный ресурс обеспечивает такой уровень популярности в сети, то на него распространяются нормы российского законодательства, регулирующие СМИ. В блоге

размещаются информационные сообщения, аналитика, фотографии, видеоролики [7]. Чаще всего под размещенным контентом есть возможность оставлять комментарии, что обеспечивает его функционирование как открытой площадки для свободного обмена мнениями. Блогер, обладая функцией администратора, как правило, осуществляет модерирование своего ресурса. Чаще всего блоги имеют тематический характер и посвящены определенному виду спорта [8]. Чтобы быть в курсе всех обсуждаемых вопросов и иметь возможность мгновенно на них реагировать, а также в максимально короткий срок получать доступ к размещенной на веб-сайте информации, блогеры организуют подписку на свою деятельность. Особенно популярные из них имеют тысячи и даже более подписчиков. Блог обладает не столь масштабным потенциалом для формирования информационного пространства, как, например, спортивная газета, но у него имеются преимущества другого рода. Блогеры используют демократичную речь, их информация эмоционально окрашена, а приемы для её передачи в значительной степени аффективны. Именно через такие возможности обеспечивается популярность блогеров и дальнейшее расширение этого источника в информационном пространстве сети Интернет, предметно посвященном спорту. Есть четкая тенденция, указывающая на дальнейший рост количества такого рода веб-сайтов и, соответственно, перехода пользователей в режим блогосферы [9].

Сайты спортивных команд – не менее важный, чем газеты и информационно-новостные порталы, инструмент информационной структуры в мире спорта. В определенном смысле его можно характеризовать как фактор развития гражданского общества, поскольку он сегментирует социум по интересам. В настоящее время каждая спортивная команда, находящаяся в верхних дивизионах спортивных профессиональных лиг, имеет свой собственный сайт. Их регулярными посетителями являются миллионы болельщиков. Многие из них не просто пассивно проводят время в сети, но и принимают деятельное участие в организации разного рода мероприятий спортивной направленности, на участие в которых особенно активно отзывается молодежь. Наибольшей популярностью пользуются сайты футбольных команд РПЛ. Для примера обратимся к официальному сайту ФК "Ростов". Он окрашен в традиционные для клуба желто-синие цвета. Имеет эффектный, но не раздражающий дизайн. На главной странице находятся одиннадцать закладок с гиперссылками, новостной портал, информация о спонсорах, турнирная таблица, аватары наиболее активных посетителей, через которые по гиперссылке можно пройти на их аккаунты в социальных сетях.

Спортивные группы в социальных сетях и мессенджерах – это совершенно особый источник информации. С рассмотренным выше они имеют очень существенные различия. Прежде всего несхожесть проявляется в наличии тесной связи между участниками. Спортивные группы в ВК, и других социальных сетях, а также мессенджерах создаются не только для информационного обмена, но и для контактного взаимодействия. Информация при этом имеет опосредованный характер и переносится в сетевое пространство с четко определенной целью [10].

Значительная часть групп такого рода имеет закрытый характер, их состав регулируется пользователем с функциями администратора [11]. В связи с этим, занимая важное место в обеспечении информационного пространства для спортивной жизни, они не столь заметны в глобальной сети как другие, рассмотренные нами выше источники информации [12].

Далее обратимся к аксиологической функции глобальной сетевизации, реализация которой выражается в создании условий для пропаганды спортивных ценностей, популяризации спорта в массовом сознании. Действие данной функции становится возможным благодаря тому, что в сетевом пространстве образовалось необходимое информационное поле, на котором заинтересованные социальные акторы могут использовать соответствующие ресурсы для работы с сознанием молодежи, преследуя в качестве конечной цели вовлечение российской молодежи в спортивную деятельность.

Чуть выше было рассмотрено, что итогом глобальной сетевизации стало появление огромного количества сетевых информационных ресурсов, посвященных миру спорта. Блоги, спортивные информационные порталы, группы в социальных сетях и т.п. играют огромную роль в популяризации спортивных ценностей. Данная проблема изучена слабо. Философы только приступают к исследованию.

В глобальной сети намного проще осуществлять поиск, понимая релевантность слов для поисковых запросов. При этом информационный контент не имеет национальных, культурных и иных границ, а доступ к нему обеспечивается технически. Для успешности извлечения требуемой информации большое содействие оказывают сами владельцы контента, т.к. от количества посещений пользователей зависит эффективность функционирования ресурса. Особенно важно то, что спортивная информация, в отличие от научной или коммерческой, в сеть попадает для того, чтобы её использовали, а не хранили. Следовательно, она находится в режиме открытого доступа.

Коммуникативная функция осуществляется в ходе непосредственного взаимодействия социальных акторов, где одна часть процесса

спортивной деятельности протекает в виртуальном пространстве, а другая – в реальном.

Выводы. Не оспаривая то обстоятельство, что представителям российского научного сообщества предстоит дальнейшее изучение влияния процессов глобальной сетевизации на включенность молодежи в спортивную деятельность необходимо констатировать положительную роль в данном качестве информационной, аксиологической и коммуникативной функции сетевого процесса.

Л и т е р а т у р а

1. Алимова, А.А. Фантазм как отчуждение реальной личности в интернет-социализации // Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета. 2018. Серия: Педагогика. Психология. 2018. №1. С. 85-89.; Горюнов П.Ю., Гребенщиков И.В. Контентные риски и вызовы интернет социализации: значимые кейсы // Молодежная Галактика. 2018. №15. С. 70-86.; Лучинкина А.И. Особенности интернет социализации на основном этапе: интернет-дикари и хакеры // Научный результат. Педагогика и психология образования. 2018. Том 4. №2. С. 68-76.
2. Чебунина, О.А. Виртуальный социальный капитал в процессе интернет-социализации молодежи // Гуманитарий Юга России. 2019. Том 8. №1. С. 229-241.
3. Болозин, А.А. Массовый спорт и его значение для современной российской молодежи // Гуманитарий юга России. 2018 №2. С. 54-60.
4. Болозин, А.А. Доступность массового спорта для современной российской молодежи // Социально-гуманитарные знания. 2018. №11. С. 135-142.
5. Болозин, А.А. Механизм повышения доступности массового спорта для молодежи в современной России // Вестник ННГУ. Серия: Социальные науки. 2018. №3. С. 107-112.
6. Паутов, А.Д., Пушкарева Л.Г. Спортивный блок как новая форма коммуникации с болельщиком // Современные СМИ в контексте информационных технологий. СПб., 2018. С. 32-34.
7. Остапенко, Ю.Е., Паутов А.Д. Типология спортивных видеоблогов на видеохостинге "YOUTUBE" // Молодежь в новом тысячелетии: проблемы и решения. Омск, 2018. С. 35-38.
8. Паутов, А.Д., Валитова Н.Р. Особенности продвижения сферы спорта в сети интернет (на примере блогосферы) // Научные труды Сибирского государственного университета физической культуры и спорта. 2017. Том20. №1. С. 80-84.
9. Фролов, В.В. Особенности развития и деятельности спортивных интернет-изданий в России // Актуальные проблемы исследований коммуникативных аспектов PR-деятельности и журналистики. Псков, 2018. С. 147-147.
10. Мальцева, А.В., Сусикова Т.С. Вопросы освещения физической культуры и спорта в интернет-СМИ // Проблемы совершенствования физической культуры, спорта и олимпизма. 2019. №1. С. 432-438.
11. Князев, А.А., Мурюкина Е.В. Потенциал российских медиатекстов в развитии спортивной культуры молодежи // Crede Experto: транспорт, общество, образование, язык. 2017. №3.
12. Алексина, А.О., Крашенинникова А.И., Иванова Л.А. Продвижение услуг физической культуры и спорта через интернет ресурсы // OlimPlus. 2017. №2. С. 77-79.

Gerasimov M.

THE ROLE OF THE INTERNET IN ENSURING THE INVOLVEMENT OF YOUNG PEOPLE IN SPORTS ACTIVITIES

The article analyzes the role of the Internet in the involvement of young people in the space of sports activities. The considered resource contributes to the achievement of this goal through the implementation of three functions: informational, axiological and communicative.

Key words: Internet, youth, social barriers, sport.

Герасимов Максим Васильевич, соискатель кафедры философии ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный педагогический университет».

E-mail: m.gerasimov@ro.ru

Gerasimov Maxim Vasilyevich, is a candidate of the Department of Philosophy of the State Educational Institution of Higher Education of the Luhansk People's Republic "Lugansk State Pedagogical University".

Рецензент: Лугуценко Татьяна Валентиновна, доктор философских наук, профессор, зав. кафедрой философии ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный педагогический университет».

Статья подана 25.12. 2022г.

УДК 101.1:316.33

ФОРМАЦИОННЫЙ И ЦИВИЛИЗАЦИОННЫЙ ПОДХОДЫ В ИЗУЧЕНИИ ОБЩЕСТВЕННЫХ ОТНОШЕНИЙ

Германенко О.Н.

FORMATIONAL AND CIVILIZATIONAL APPROACHES IN THE STUDY OF SOCIAL RELATIONS

Germanenko O.

В статье рассматриваются два подхода к пониманию развития общества – цивилизационного и формационного, их различие и основные элементы. Проводится анализ подходов к историческому развитию в контексте влияния на международные отношения с учетом его генетики, формирования нового порядка цивилизаций на пересечении тысячелетий.

Ключевые слова: общество, человек, формация, цивилизация, общественные отношения.

Введение. В условиях глобализации жизни на нашей планете, когда возникают общепланетарные проблемы, требуется общее усилие всех народов для их решения, возникает потребность в диалоге культур, наработке и усвоении общих общечеловеческих ценностей. Это в свою очередь обуславливает возрастание роли социально-гуманитарных наук в решении социальных проблем.

Целью работы является интерес к изучению «человека» и общества, культуры, духовного содержания индивидуального и общественной жизни. В конце XX века в социально-политической сфере наблюдался мировой кризис. Такие обстоятельства не могут не стимулировать исследование подходов к историческому развитию в контексте влияния на международные отношения с учетом его генетики, формирования нового порядка цивилизаций на пересечении тысячелетий.

Изложение основных материалов. Последние социально-политические события в мире, государстве, вызвали много полемики по проблемам теории познания, цивилизационного, формационного подходов к истории.

В социальной философии существуют два подхода к осмыслению общественного развития:

– формационный, основоположниками которого являются известные философы К. Маркс и Ф. Энгельс;

– цивилизационный, который прослеживается в трудах М. Вебера, О. Шпенглера, А. Тойнби, Э. Тоффлера, Р. Арона.

Основная задача, которая стоит перед этими подходами, – направленность исторического

процесса, а именно является ли общественное развитие прогрессом, является ли оно историей локальных, замкнутых цивилизаций, не связанных с единым общечеловеческим историческим процессом.

Формационный подход объясняет это тем, что история это и есть прогресс, ведь мы можем наблюдать трансформацию от менее развитой к более совершенной формации. Цивилизационный же подход, напротив, отрицает всяческое наличие закономерностей истории и не предполагает заданного сценария будущего развития.

Основоположником формационного подхода является К. Маркс, который впервые выдвинул идею материалистического понимания истории, общественно-экономическая формация – это конкретно-исторический тип общества, рубеж исторического развития, обусловленный определенным способом производства и своеобразной формой производственных отношений, прежде всего – формой отношений собственности.

Согласно этому подходу, способ производства выявляет и предопределяет все многообразие общественных связей и отношений. Основными элементами общественно-экономической формации являются базис и надстройка. Базис – это совокупность производственных отношений, которая составляет экономический строй общества, от него зависят все остальные общественные отношения. Базис определяет характер и содержание надстройки, то есть идеологических, политических, правовых и других отношений и идей, организаций и учреждений, через которые осуществляются эти отношения.

Итак, общественно-историческая формация выступает общей характеристикой основных типов общества: первобытнообщинного, рабовладельческого, феодального, капиталистического, коммунистического – таковы «ступени» развития человечества. Огромнейшую роль в изучении общественных отношений

посредством формационного подхода сыграл труд К. Маркса «Капитал» [1], где он развернуто дает характеристику основных типов общества, а также рассматривает каким образом происходит развитие человечества при каждом из них.

Основные характеристики формационного подхода можно выделить следующие:

- общенаучные принципы, используемые в анализе общественных процессов: принцип классической общенаучной парадигмы Р. Декарта-И. Ньютона;

- место и роль человека в общественных процессах: реализуется гносеологическим подходом, а человек является субъектом познания объективных процессов;

- основное противоречие развития общества и форма его разрешения: противоречие между производительными силами и производственными отношениями; революционное изменение производственных отношений и политико-юридической надстройки;

- место и роль государства в развитии общества: государство является надстройкой над экономическим базисом, имеет классовую природу и выступает орудием господствующего класса;

- структура общества на определенном историческом этапе развития общества (общественно-экономическая формация состоит из базиса и надстройки; базис – это совокупность доминирующих производственных отношений, решающим образом влияющих на структуры политико-юридической и идеологической надстройки;

- механизм развития общества: решение антагонистического противоречия между новыми производительными силами и устаревшими производственными отношениями, между базисом и надстройкой путем социальной революции;

- историческое развитие общества: прохождение каждым обществом исторических общественно-экономических формаций.

Однако современники нередко видят в учении Маркса не только достоинства, но и недостатки. Так, например, современный американский философ-неомарксист И. Валлерстайн выдвинул микросистемный подход, при котором к экономическому (К. Маркс) он добавил еще и политический фактор. Таким образом, он определил три стадии развития общества: мини-системы, мир-империя и мир-экономика, а также мир-система. Но поскольку даже такой подход недостаточно обширно дает представление о развитии общества, необходимо прибегнуть еще и к изучению данной проблемы при помощи цивилизационного подхода [4].

Результаты исследования. Цивилизационный подход предполагает собой отрицание и одновременно дополнение формационного подхода, то есть превращение истории человечества в глобальную, общечеловеческую историю. Если

раньше это была история отдельных племен, народов, стран, регионов, культур, то сегодня мы являемся свидетелями создания планетарной цивилизации. В современной социальной философии традиционным стало деление истории на традиционную (аграрную), индустриальную (техногенную), постиндустриальную цивилизацию, а также на новую – информационную.

В связи с этим можем выделить основные характеристики цивилизационного подхода, а именно:

- общенаучные принципы, используемые в анализе общественных процессов: принципы системно-синергетического анализа;

- место и роль человека в общественных процессах: реализуется онтологический подход, где человек является субъектом познания и предметно-преобразовательной деятельности;

- основное противоречие развития общества и форма его разрешения: противоречие между относительно самостоятельными индивидами и обществом; изменение форм общественной зависимости людей, нарастание свободы как смысл истории;

- место и роль государства в развитии общества: государство является организационным центром общества, что в легитимный способ обеспечивает достижение общественных целей всех членов общества;

- структура общества на определенном историческом этапе развития: общество является органической целостностью, которую образуют политическая, духовно-культурная, социальная и экономическая подсистемы;

- механизм развития общества: процесс дифференциации всех сфер общественной жизни с целью эффективного достижения общественных целей и последующей интеграцией их в новую целостность;

- историческое развитие общества: индивидуальный путь развития каждого общества, принадлежит к определенной цивилизации, которая проходит этапы становления, расцвета и упадка.

Но термин «цивилизация» является многогранным, он не имеет однозначного и четкого определения: цивилизацию иногда отождествляют с понятием «культура», часто под этим понятием подразумевают более высокий уровень развития общества, связанный со стремительным ростом передовых технологий. В то же время во всех пониманиях это понятие употребляется для характеристики целостности материальной и духовной жизнедеятельности людей, под цивилизацией понимается определенное историческое образование, ответвление исторического развития, совокупность обществ и культур, объединенных общими признаками.

По мнению М. Вебера, в отличие от формационного подхода, который базируется на экономических структурах, определенных

производственных отношениях, цивилизационный подход фиксирует внимание не только на экономической стороне, а на совокупности всех форм жизнедеятельности общества – материально-экономической, культурной, политической, моральной. Идея преобразования мира становится ведущей в культуре техногенной цивилизации; принципиально меняется положение человека в обществе: утверждается ценность свободы, равенства людей, то есть ценности демократии.

Техногенная цивилизация динамична, подвижна и достаточно агрессивна. Она противоречива: ее высшая цель – увеличение материального благосостояния путем непрерывного обновления технико-экономических систем, при этом человек выполняет простую функцию, средство производственной сферы; она становится предметом манипуляции массовым сознанием, средствами массовой информации, с одной стороны, и в то же время ориентируется на свободу и независимость личности, мобилизует человеческую активность, придает стимул к развитию способностей человека, в результате чего происходит гуманизация общества.

Выводы. Таким образом, если формация концентрирует внимание на универсальном, общем, повторяющемся, то цивилизация – на локально-региональном, уникальном, своеобразном. Эти подходы не исключают, а дополняют друг друга.

Формационный подход служит основой понимания общества, а цивилизационный – дополняет, а не опровергает формационные представления.

В наше время, когда вся жизнь, в том числе и материальное производство, стремительно интеллектуализируются, а общественные отношения усложняются на всех уровнях, речь об отрицании информационного подхода к историческому процессу должна отойти на задний план.

Л и т е р а т у р а

1. Арон, Р. Мир и война между народами. Пер. с франц. Ю.А. Школенко и др.; под общ. ред. В.И. Даниленко. – М.: Nota bene, 2000. – 880 с.
2. Арон, Р. История XX века: антология. Примеч. к франц. изд. К. Башелье. Пер. с франц. Л.Г. Ларионовой; примеч. к рус. изд. К.П. Зуевой. – М.: Ладомир, 2007. – 1105 с.

3. Арон, Р. Измерения исторического сознания. Пер. с франц. – М.: Либроком, 2014. – 196 с.

4. Валлерстайн, И. Анализ мировых систем и ситуация в современном мире / Пер. с англ. Кудюкина, П.М. под общей ред. Кагарлицкого, Б.Ю. – СПб.: Университетская книга, 2001. – 416 с.

5. Вебер, М. История хозяйства: очерк всеобщей социальной и экономической истории / Изд. по оставленным лекциям: Геллеман, С., проф. истории в Мюнхен. ун-те. Палий, М., доцент Высш.коммерч.шк. в Берлине. Пер. под. ред. проф. Гревса, И.М. – Петроград: Наука и школа, 1923. – 240 с.

6. Маркс К., Капитал. – Т. 3 // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. – 2-е изд. – Т. 25. – Ч. II. – С. 3-458.

7. Тойнби, А.Дж. Исследование истории: Возникновение, рост и распад цивилизаций / Пер. с англ. Кожурина, К.Я. М.: АСТ: АСТ МОСКВА, 2009. – 670 с.

8. Тоффлер, Э. Третья волна. – М.: ООО «Фирма «Издательство АСТ», 1999. – 784 с.

Germanenko O. FORMATIONAL AND CIVILIZATIONAL APPROACHES IN THE STUDY OF SOCIAL RELATIONS

The article discusses two approaches to understanding the development of society – civilizational and formational, their differences and basic elements. The analysis of approaches to historical development in the context of the impact on international relations, taking into account its genetics, the formation of a new order of civilizations at the intersection of millennia.

Key words: society, man, formation, civilization, social relations.

Германенко Ольга Николаевна, ассистент кафедры философии ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный педагогический университет».
E-mail: olga31germanenko@gmail.com.

Germanenko Olga, assistant of the Department of Philosophy of the State Educational Institution of Higher Education of the Luhansk People's Republic "Lugansk State Pedagogical University".

Рецензент: Лугуценко Татьяна Валентиновна, доктор философских наук, профессор, зав. кафедрой философии ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный педагогический университет».

Статья подана 15.11.2022 г

УДК 658.15

ИССЛЕДОВАНИЕ КРИЗИСНЫХ ЯВЛЕНИЙ И АСПЕКТОВ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ АНТИКРИЗИСНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Горобец Л.С.

INVESTIGATION OF CRISIS PHENOMENA AND ASPECTS OF ECONOMIC CHARACTERISTICS OF ENTERPRISE CRISIS MANAGEMENT IN MODERN CONDITIONS

Gorobets L.S.

В статье рассмотрены основные симптомы кризиса и реалии кризисных явлений. Приведена классификация основных признаков и видов кризисных явлений, характерных для предприятий республики. Выделены основные факторы, провоцирующие появление и развитие кризисных явлений в деятельности предприятия. Рассмотрены научно-методические подходы раскрытия аспектов экономической характеристики антикризисного управления. Сформированы специфические функции антикризисного управления на основе общих функций менеджмента. Представлена сравнительная характеристика традиционного и антикризисного управления. Доказано, что привлечение всего арсенала антикризисных средств на всех уровнях управления экономикой является необходимым условием эффективности системы антикризисного управления.

Ключевые слова: кризис, виды кризисов, фазы развития кризиса, кризисные явления, аспекты антикризисного управления, стратегия, антикризисная программа.

Введение. Характеристика экономического кризиса выражается в значительном рассогласовании производства и потребления. Это нарушает нормальное функционирование всей экономической системы и проявляется в перепроизводстве товаров по отношению к платежеспособному совокупному спросу, нарушении процесса условий воспроизводства общественного капитала, массовых банкротств фирм, росте безработицы и других социально-экономических потрясений.

Периодичность наступления экономического кризиса и его фазы характеризуют циклический характер развития экономики, что, в свою очередь, отражает закономерность развития воспроизводства, чередования спадов и подъемов производства. Наиболее глубоко и обстоятельно исследовал эту проблему К. Маркс. Он изучал причины кризисов и обосновал их закономерный характер.

В современной экономической системе любое управление является антикризисным, то есть учитывает возможности наступления кризиса, в первую очередь, под воздействием быстро меняющейся внешней среды.

Анализ последних исследований и публикаций. Теоретические основы антикризисного управления предприятием, освещено в научных трудах отечественных и зарубежных ученых, а именно: Грязновой А. Г., Баранова В.А., Лигоненко Л.А., Василенко В.А., Короткова Э. М., Черненко В.А., Маринюк А.Н., Гайворонской Ю.Е., Сытник Л.С., Градова А. П., Кузина Б.И. и других.

Вместе с тем многие проблемы, связанные с антикризисным управлением предприятием, не нашли должной проработки и требуют детального исследования.

Целью статьи является исследование реалий кризисных явлений в экономике и выявление проблем антикризисного управления предприятиями.

Изложение основного материала. Концепция цикличности развития экономических систем относится к фундаментальным составляющим категориального аппарата экономической теории и макроэкономики. Предприятие является микроэкономической системой, а значит, его развитию также присущи свойства цикличности. Кризис - это крайнее обострение противоречий в социально-экономической системе, что угрожает ее жизнестойкости в окружающей среде. Экономические кризисы отражают острые противоречия в экономике государства или состоянии отдельного экономического субъекта.

Современная экономическая литература раскрывает сущность различных подходов к общему понятию, причинам возникновения, видам, симптомам, распознаванию и разворачиванию кризисных явлений в государственном хозяйстве в целом и на предприятии в частности.

Абсолютное понимание такого явления, как кризис, возможно только при условии обобщения всех общих понятий, которые имеют отношение к нему. Необходимо конкретизировать и тщательно проанализировать взгляды ученых на ее

сущностные признаки, факторы и причины возникновения в экономико-социальной системе, а также влияние на функционирование предприятия (табл. 1).

Таблица 1

Научные подходы к определению понятия «кризис»
(составлена автором на основе: [3; 4; 6; 10; 9; 8;12])

Автор	Сущностная характеристика
Дж. М. Кейнс	«катастрофическое падение инвестиций, сокращение хозяйственной активности и массовые увольнения, при этом наблюдается обострение противоречий в социально-экономических системах, угрожающее их жизнеспособности»
К.Ф. Херман	«кризис неожиданная и непредвиденная ситуация, угрожающая приоритетным целям развития при ограниченном времени для принятия решений»
Дж. Ст. Миль	«кризис..., когда взгляды претерпевают серьезные изменения». Такое определение кризиса позволяет предположить, что речь идет о временном интервале, в течение которого происходит перерождение или реструктуризация предприятия»
Ж. Сисмонди	«результат внутренних противоречий капитализма, результат общего перепроизводства и соответственно недопотребления, а не диспропорций в отдельных отраслях»
Дж. Хикс, Дж. Дьюзенбери	«следствие случайных действий, импульсов или шоков на экономическую систему, может вызывать дисбалансы в финансовых и экономических отношениях участников хозяйственных процессов» характерной особенностью кризиса является периодичность ее появления»
В. О. Василенко, А.Т. Зуб	«кризис – это крайнее обострение противоречий в социально-экономической системе (организации), что угрожает ее жизнестойкости в окружающей среде»
Н. Д. Кондратьев, О.М. Гирняк	«временная фаза, в ходе которой происходит спад хозяйственной активности»
Л.С. Ситник	«кризисное состояние предприятия - это совокупность ситуаций, которые увеличивают вероятность возникновения неплатежеспособности предприятия и его размеры, провоцируют возникновению угроз из его внешней и внутренней среды»
О. Д. Чернявский	«кризис - это переломный этап в функционировании любой системы, на котором она подвергается действиям извне или изнутри, что требует от нее качественно нового реагирования»
Л. О. Лигоненко	«кризисное состояние характеризуется, во-первых, значительным и длительным нарушением равновесия, а, во-вторых, проявлением неспособности системы использовать механизмы внутренней саморегуляции»
З. Е. Шершнёва	«кризис - общая универсальная фаза любого цикла, период нарушения равновесия»

Таким образом, анализ определений, представленных в табл. 1 дает возможность утверждать, что в развитии любой системы существует вероятность наступления кризиса, что обусловлено не только неудачным управлением или стратегией организации, недостаточными усилиями для поддержания конкурентных позиций на рынке или решения проблем, которые уже сложились, но и реальными объективными причинами.

Стоит отметить, что кризис может возникать на уровне макроэкономики (из-за влияния неконтролируемой внешней среды) и на уровне предприятия, как самого низкого звена экономики государства.

Кризис предприятия – повторяемое, ограниченное во времени и управляемое состояние предприятия, которое характеризуется устойчивыми сильными колебаниями его параметров за пределами коридора допустимых значений; возникает вследствие резкой потери способности предприятия адаптироваться к темпам и силе влияния экзо- и эндогенных изменений среды на макро- и микроуровнях из-за нарушения взаимосвязей между циклами развития отдельных

компонентов системы предприятия; имеет трудно прогнозируемые последствия как положительного, так и отрицательного характера. Растущее количество предприятий-банкротов является индикатором кризисных явлений в экономике в целом и на каждом из этих предприятий в частности.

Такую ситуацию можно объяснить тенденцией к наличию внутренних и внешних факторов. К внешним факторам относятся: спад конъюнктуры в экономике в целом; уменьшение покупательской способности населения; значительный уровень инфляции; нестабильность хозяйственного и налогового законодательства; нестабильность финансового и валютного рынков; усиление конкуренции в отрасли; кризис отдельной отрасли; сезонные колебания; усиление монополизма на рынке; дискриминация предприятия органами власти и управления; политическая нестабильность в стране местонахождения предприятий; поставщиков сырья (потребителей продукции) и т.п. Если говорить о внутренних факторах, то в ряде случаев, они являются четким свидетельством неправильно выбранной стратегии развития. Однако

в некоторых случаях к кризису могут приводить и неправильные тактические шаги, связанные с различными управленческими решениями. В целом же, именно сочетание неэффективных стратегических решений и попыток исправить их мгновенными тактическими ходами типичная причинная картина кризиса.

Интенсивность влияния указанных факторов является определяющей для понимания сущности кризиса, его разновидности в процессе функционирования и развития предприятия.

В общем, на сегодняшний день выделяют различные классификации кризисов, присущих предприятию (табл. 2).

Таблица 2

Классификация видов кризисов при функционировании предприятия (составлена автором)

Признак	Сущностная характеристика
По возникновению	объективные; субъективные; природные; единичные; случайные; циклические; закономерные.
По этапам жизненного цикла предприятия	лидерства; автономии; контроля; бюрократизма; синергии.
По продолжительности влияния	краткосрочные; среднесрочные; долгосрочные.
По изменению кризиса во времени	предыдущий; острый; хронический; разрешенный.
По последствиям	разрушения; обновления; оздоровления; обострения; ослабления; резкого падения; мягкий выход.
По возможности прогнозирования	с возможностью предвидения; непредсказуемые.
По этапам развития	потенциальные; латентные; явные; разрушительные.
По сферам возникновения	социальные; политические; военные; медицинские; экологические; техногенные; экономические; демографические; технические; производственные; институциональные; организационные.
По факторам дестабилизации	внутренние; внешние; смешанные.
По скорости влияния	медленные; интенсивные; реактивные.
По результату использования потенциала	стратегий; ликвидности; результатов; банкротства.
По возможности преодоления	преодолимые с помощью внутренних резервов; с помощью внешних возможностей; непреодолимые; смешанные.
По специальным функциям управления	стратегического менеджмента; персонала; инноваций; информационного обеспечения; инвестиционной деятельности; маркетинга; внешнеэкономической деятельности; операционной деятельности.

Учитывая, что конечной целью своего функционирования предприятие считает максимизацию прибыли, увеличение сегмента рынка, повышение конкурентоспособности, удлинение жизненного цикла во временном измерении и т.п., то его интересует не только вид кризиса, но и этап (фаза) его развертывания и глубина.

Развитие кризиса на уровне предприятия структурно разделяется на три фазы:

1. Скрытый кризис (или кризис эффективности).

2. Кризис платежеспособности.

3. Кризис расчета (угроза банкротства, неплатежеспособность).

Приведем внешние признаки каждой фазы развития кризиса. Для кризиса эффективности (скрытого кризиса) характерными признаками являются:

– снижение эффективности деятельности предприятия;

– отрицательная динамика показателей доходности оборота и капитала;

– значительная продолжительность операционного и финансового цикла предприятия и прочее.

Причиной первой фазы являются:

– убытки от отдельных хозяйственных операций и по результатам финансово-экономической деятельности в целом;

– истощаемость внутренних резервов для покрытия убытков и т.д.

В результате инерционного функционирования предприятие переходит ко второй фазе – кризиса платежеспособности. Характерные признаки данного этапа развертывания кризисных явлений проявляются резкими изменениями в структуре баланса и отчета о финансовых результатах.

Однако причинами возникновения могут быть не только отсутствие антикризисных мер в предыдущей фазе. Среди основных можно выделить:

- резкое уменьшение/увеличение денежных средств на счетах;
- увеличение/уменьшение дебиторской задолженности;
- просрочка дебиторской задолженности;
- разбалансированность дебиторской и кредиторской задолженностей;
- увеличение/уменьшение кредиторской задолженности;
- снижение/увеличение объемов продаж.

Если предприятие не в состоянии решить проблемы кризиса платежеспособности, то как следствие происходит переход в третью фазу – кризис расчетов по долгам. Характерные признаки:

- угроза банкротства;
- финансовая несостоятельность и т.п.

Причиной обострения данного этапа может быть невозможность погашения долгов. В результате неэффективного функционирования кризис расчетов по долгам может завершиться банкротством предприятия [6; 16].

Результаты исследований. Детальный анализ экономической литературы дает возможность сделать выводы, что кризисы чаще всего проходят в две фазы, когда после резкого ухудшения ситуации наступает период постепенной стабилизации (адаптации). Практика показывает, что предприятия, которые держатся на первой фазе, рискуют оказаться на грани финансового банкротства.

Таким образом, каждому предприятию приходится конкурировать за темпы своего роста. Во всех случаях причиной банкротства является неправильная оценка руководителями предприятия ожидаемых темпов роста их предприятия, под которые заранее выделяются дополнительные источники финансирования, как правило, кредитного.

Именно поэтому основными задачами управления в кризисных ситуациях является недопущение или смягчение шокового состояния на предприятии [15].

Попав в кризис, предприятие начинает пытаться выйти из него и разрабатывает соответствующую стратегическую концепцию. Но это только извне. По сути, следует признать тот факт, что у кризиса были эндо- и экзогенные причины; стадии его развития, в каждой из которых заложены направления будущего выхода из кризиса.

Прежде всего, можно согласиться с Л. Грайнером, что поскольку любой из кризисов возникает внутри соответствующих коллективов, ими же воспринимается и требует их реакции, то есть не нужно пренебрегать информацией мониторинга – опросами и коллективными экспертными оценками как минимум из тех видов

кризиса, которые отмечены в структуре Л. Грайнера [11].

В целом факторы, обуславливающие появление и развитие кризисных явлений в деятельности предприятия, можно выделить в табл. 3.

Таблица 3

Классификация факторов, провоцирующих появление и развитие кризисных явлений в деятельности предприятия (дополнен автором на основе [4])

Признак	Сущностная характеристика
От современности происходящего	ковидный; постковидный; специальная военная операция.
От места возникновения	внутренние (эндогенные); внешние (экзогенные).
От последствий проявления	общие; специфические; индивидуальные.
От степени влияния	основные; второстепенные.
От действия во времени	постоянные; временные.
От подхода к изучению	потенциальные; фактические.
От масштаба обострения кризиса	локальные; глобальные.
От степени взаимообусловленности	независимые; производные.

Указанные факторы, в свою очередь, включают более конкретные факторы. Так, важным фактором кризисного состояния предприятия могут быть чрезмерные издержки производства продукции из-за значительной доли непроизводственных затрат. Последствия негативного действия тех или иных факторов можно предсказывать, а, следовательно, своевременно принимать меры, направленные на их устранение и ослабление, если постоянно отслеживать признаки ухудшения экономического состояния предприятия [2].

Для каждого предприятия существует свое соотношение внешних (спад объема национального дохода; рост инфляции; замедление платежного оборота; нестабильность налоговой системы; нестабильность регулирующего законодательства; снижение уровня реальных доходов населения; рост безработицы) и внутренних (неэффективная финансовая стратегия; неэффективная структура активов, низкая их ликвидность; слишком большая доля заёмного капитала; высокая доля краткосрочных источников привлечения заёмного капитала; рост дебиторской задолженности; неэффективный финансовый менеджмент) факторов кризиса, которые определяют необходимость антикризисного управления. Кроме того, для них характерно и одновременное сочетание субъективных и объективных составляющих. Их игнорирование обуславливает существенные негативные последствия, в частности, и банкротство.

Анализ факторов, которые обуславливают появление и развертывание кризисных явлений, фаз

кризиса, конкретных показателей деятельности предприятий дает возможность конкретизировать сущностные признаки кризиса на уровне предприятия [1; 2]:

- кризис отражает сущность и характер противоречий, которые накоплены в пределах хозяйственной системы и требуют своего разрешения для обеспечения дальнейшего функционирования или развития системы;

- кризис предприятия представляет собой, в первую очередь, процесс, который характеризуется определенной продолжительностью и соответственно имеет определенные временные рамки;

- кризис является объективным экономическим процессом, основу которого формируют тенденции развития отдельных видов деятельности предприятия, его отдельных управленческих подсистем;

- основным признаком кризиса является существенное нарушение или потеря жизнеспособного состояния предприятия вследствие нарушения параметров функционирования;

- кризис может возникать на всех стадиях жизненного цикла предприятия, сдерживать дальнейшее развитие предприятия и переход на следующую стадию его развития или выполнять функцию инициации преждевременного старения и ликвидации предприятия;

- кризис носит циклический характер, то есть возникает с определенной периодичностью;

- развертывание кризиса генерируется совокупностью внешних и внутренних факторов, соотношение между которыми и перечень которых также носят индивидуальный характер;

- возникновение кризиса обуславливает определенные угрозы и риски для процесса функционирования предприятия, а его прохождение (преодоление) имеет определенные последствия для дальнейшего развития предприятия – положительные, если имеет место разрешение накопленных противоречий и обеспечение обновления фундаментальных основ ведения бизнеса, и негативные, если последствием кризиса является приостановка деятельности предприятия, возникновение ситуации банкротства, добровольная или принудительная ликвидация хозяйствующего субъекта.

Таким образом, по нашему мнению, кризис – результат обострения противоречий социально-экономического характера на предприятии, который является следствием совокупности проблем, сложившихся в результате действия совокупности

факторов (объективных и субъективных, внешних и внутренних), тесно взаимосвязан с понятием «риск».

Такой подход к определению данной категории дает возможность в процессе анализа деятельности предприятия учитывать всю совокупность характеристик, обуславливающих появление и развитие кризисных явлений, их факторов и причин, сформировать комплексные подходы к управлению кризисными процессами (противодействия, недопущения, минимизации, преодоления и т.п.). То есть, четкое осознание всех сущностных признаков проявления кризиса выступает важной составляющей осуществления как стратегического, так и тактического управления предприятием, в т.ч. и применения соответствующего комплекса антикризисных мер.

С этих позиций следует различать понятие «кризис» (период нарушения равновесия, ухудшение параметров функционирования) и «антикризисное управление» (система мер и средств, направленных на недопущение банкротства, обеспечение возрождения предприятий, попавших в затруднительное финансовое положение). Кризис является одной из первопричин использования антикризисного управления, а меры в обоих случаях называются антикризисными, что и приводит к возникновению вышеупомянутых противоречий. По нашему мнению, процесс управления в определенной степени содержит черты антикризисного, и тем более становится таким по мере вступления предприятия в стадию кризисного развития. Термин «антикризисное управление» приобретает широкое применение в экономической теории и в практической деятельности субъектов бизнеса, однако толкование его сущности также не однозначно.

Взгляды на суть понятия «антикризисное управление» обобщены по следующим классификационным признакам: как система управления; процесс противостояния кризисным явлениям; комплекс управленческих мероприятий; система отношений в рамках управления предприятием и детально рассмотрен в табл. 4.

Рассмотрев материал табл. 4, можно сделать выводы, что возникавшие проблемы, при выяснении сущности антикризисного управления, обусловлены в значительной степени сложностью и неоднозначностью этого понятия, наличием и взаимосвязанностью многих видов кризисных явлений, их фаз, возможностью рассматривать его с позиции системы управления, процесса противостояния кризисным явлениям, комплекса управленческих мер и системы отношений в рамках управления предприятием.

Таблица 4

**Научно-методические подходы раскрытия аспектов экономической характеристики
антикризисного управления (составлено автором)**

Автор	Подход к пониманию сущности антикризисного управления
1. Как система управления	
З. Айвазян, В. Кириченко	Управление, направленное исключительно на преодоление наступившего кризиса, на обеспечение выживания в краткосрочном аспекте.
В. Василенко	Управление, в котором под давлением запланированных или случайных факторов поставлено определенным образом предвидение опасности кризиса.
А. Градов	Управление в условиях кризисных ситуаций и меры, направленные на вывод субъекта хозяйствования из наступившего кризиса.
В. Коваленко	Управление сложными системами должно быть антикризисным на всех этапах функционирования и развития.
Е. Коротков	Управление, способное опережать или смягчать кризисы.
М. Мескон	Процесс планирования, организации, мотивации и контроля для достижения цели.
Н. Туленков	Любое управление организацией должно быть антикризисным.
2. Как процесс противостояния кризисным явлениям	
С. Бурый, Д. Мацеха	Система постоянных действий менеджеров, направленных на все элементы организации с целью быстрого и своевременного реагирования на возможные внешние и внутренние угрозы.
Ю. Гайворонская	Специальный, комплексный процесс мониторинга влияния негативных факторов на деятельность предприятия.
И. Митрофф	Это последовательная взаимозависимая оценка разных видов кризисных явлений и угроз.
В. Пилипчук	Процесс воздействия на объект управления с целью предотвращения кризиса и его профилактики; вывод из кризиса и устранение его последствий; проведение процедур банкротства - ликвидация объекта.
И. Шварц	Антикризисное управление заключается в планировании и проведении мероприятий по сохранению и улучшению базисных показателей стабильности и развития на предприятии, создании мониторинговой системы анализа.
З. Шершнёва, Н. Багацкий	Анализ положения микро- и макросреды и выбор наиболее подходящей миссии; это система мероприятий и средств, направленных на недопущение банкротства, обеспечение процветания экономических агентов, которые были в тяжелом финансовом положении.
3. Как комплекс управленческих мероприятий	
В. Дорофеев, Д. Левин, Д. Сенаторов, А. Чернецов	Совокупность мер управленческого воздействия, направленных на ликвидацию последствий наступившего кризиса, и создание условий для предупреждения кризиса в будущем.
Б. Паттерсон	Это программа действий, которые должны быть немедленно реализованы в случае наступления кризисной ситуации.
К. Ру-Дюфор	Это совокупность мер, направленных на предотвращение кризисных ситуаций, реагирование на них.
К. Хамфрис	Антикризисное управление предусматривает минимизацию убытков и негативных результатов деятельности, а также поддержание имиджа и доверия к субъекту хозяйствования со стороны его контрагентов.
4. Как система отношений в рамках управления предприятием	
И. Кислухина	Границей между обычным и антикризисным управлением может быть угроза наступления приближения банкротства.
Г. Куроешева	Антикризисное управление - это совокупность внешних и внутренних влияний на предприятие, осуществляемое на всех стадиях его жизненного цикла для предотвращения снижения его конкурентного преимущества.
Л. Лигоненко	Специальным образом сформированная система, направлена на наиболее оперативное выявление признаков кризисного состояния и создание соответствующих предпосылок для их своевременного преодоления.
И. Макаренко	Антикризисное управление заключается в том, что угроза банкротства диагностируется еще на ранних стадиях ее возникновения.
П. Покритан	Это система отношений, возникающая по поводу экономического кризиса и рассматривающая условия возникновения, сущность и формы проявления, этапы и динамику развития.
Е.А. Уткин	Это «составляющая» общего менеджмента на предприятии, использующая его лучшие приемы, средства и инструменты.

Антикризисное управление является подсистемой общей системы управления предприятиями с совместным объектом (экономические отношения, связанные с созданием добавленной стоимости), специфическими

признаками среды управления (кризисные условия), дополнительными субъектами управления (антикризисные менеджеры; институты, связанные с иницированием и проведением процедуры банкротства).

Антикризисное управление - это такой тип управления предприятием, которое предусматривает выявление кризисных ситуаций; измерение потенциальных рисков; мониторинг внешней среды, смягчение вероятных угроз, принятие мер оперативного реагирования; разработка стратегии и тактики антикризисного регулирования; организацию управления кризисной ситуацией; посткризисное восстановление; ликвидацию последствий кризиса и создания условий для дальнейшего устойчивого развития предприятия. Преимуществом предлагаемой дефиниции, в отличие от существующих, является учет сквозных этапов жизненного цикла возникновения кризиса - от его возникновения до преодоления [17].

Антикризисное управление - это процесс реализации форм, методов и процедур, которые направлены на социально-экономическое выздоровление финансово-хозяйственной функции отдельного хозяйствующего субъекта, отрасли в целом, создание и развитие условий для предотвращения кризисного состояния [20].

Составляющими антикризисного управления предприятий является: антикризисная финансовая диагностика; антикризисное финансовое прогнозирование и планирование; антикризисное бюджетирование; организация оперативной и стратегической антикризисной деятельности; контроль реализации антикризисной финансовой политики; оценка эффективности антикризисного управления.

Этапами антикризисного управления являются: предкризисное управление; управление в условиях кризиса; управление процессами выхода из кризиса.

Принципами антикризисного управления значится: неизменность, гибкость, развитие устойчивости, превентивность, немедленное реагирование, комплексность, непрерывность, логическая завершенность. Адекватность выделенных принципов определенным этапам антикризисного управления будет способствовать повышению его действенности [17].

Таким образом, выбор конкретной модели антикризисного управления должен базироваться на основательном анализе предпосылок, причин кризисных явлений на предприятии, идентификации факторов (внешних и внутренних), имеющих влияние на их развитие, а также учете особенностей конкретного субъекта хозяйственной деятельности.

Особенность антикризисного управления оказывается в объединении в систему диагностики, предупреждения, преодоления кризиса, стратегии реструктуризации и применения нестандартных методов в управлении персоналом. С этих позиций антикризисное управление представляется как конструктивная реакция на выявленные в результате

диагностики изменения, грозящие банкротством или нарушением нормального функционирования.

Устранение с рынка обанкротившихся предпринимательских структур – непереносимое условие эффективного функционирования рыночного механизма. Однако предотвратить банкротство, обеспечить длительное развитие этих структур – одна из ключевых задач.

Решению именно этой задачи посвящена система мер антикризисного управления. В научной литературе под ним понимают либо управление в условиях кризиса, либо управление, направленное на вывод предприятия из кризисного состояния, в котором оно находится [13].

На наш взгляд, антикризисное управление предприятий сельского хозяйства и сельхозпроизводителей в современных условиях, это трансформация традиционного управления в антикризисное управление, направленное на эффективное управление предприятием в современных реалиях, когда кризисные реалии не прекращаются, а плавно перетекают из одного вида кризиса в другой. Например: санкционный в ковидный; ковидный в постковидный; постковидный в военный и т.д. Так, антикризисное управление, выполняет пять основных функций: установка целей; планирование; организацию; мотивацию и контроль за выполнением целей. Принятие решения и коммуникации являются связующими звеньями между указанными функциями.

Помимо этого необходимо отметить, что антикризисное управление имеет ряд специфических функций. В результате анализа научной экономической литературы мы пришли к выводу, что они являются детализацией основных функций, учитывая специфичность его сущностных признаков и форм проявления табл. 5.

Однако выполнение этих функций имеет специфическую направленность. Последнее заключается в своевременной идентификации кризисных явлений, существующих снаружи и внутри предприятия, разработке и внедрении мер по предотвращению, ликвидации или смягчению влияния негативных факторов на деятельность предприятия, ускоренной и действенной реакции на изменения во внешнем окружении, разработке и введении в действие таких механизмов, которые даже в достаточно сложной ситуации (например, на грани банкротства) могли бы обеспечить выход предприятия из такого состояния с наименьшими потерями и в короткие сроки.

Диагностика кризисного состояния предприятия является особой функцией в системе антикризисного управления и одновременно его стадией. Это исходный пункт для прогноза альтернативного развития предприятия.

Таблица 5

Специфические функции антикризисного управления
уточнено автором на основе [4; 14]

Специфическая функция	Сущностная характеристика
Недопущение кризисных ситуаций	постоянная готовность к возможному нарушению финансового равновесия рыночного агента.
Диагностика кризисных явлений	идентификация потенциальных рисков для конкретного предприятия и разработка мероприятий для их снижения.
Мониторинг факторов	внешней и внутренней среды, которые влияют на субъекты хозяйствования и их изменения.
Разработка антикризисной концепции	плана преодоления кризиса, который включает планирование стратегических и оперативных мероприятий.
Создание резервов	стратегических и материальных ресурсов на случай возникновения кризиса.
Реагирование на кризисные явления	на каждый признак и максимально быстро.
Стабилизация	ликвидация последствий кризиса и приведение состояния предприятия к начальному эффективному состоянию.
Санация	для избежания банкротства или ликвидации

Специфические функции антикризисного управления были сформированы на основе общих функций менеджмента. Поэтому целесообразно определить, что антикризисное управление существенно отличается от традиционного управления предприятиями, имеет свою специфику, связанную с существенными изменениями в

условиях деятельности предприятия, а также с непредсказуемостью ситуации, новыми управленческими проблемами, асимметрией информации, способами движения ресурсов, возможностями управляемости процессов. Их основные характеристики, отражающие как общие, так и отличительные черты, представлены в табл. 6.

Таблица 6

Сравнительная характеристика традиционного и антикризисного управления
(составлена автором на основе [6; 7; 19])

Составляющие элементы системы управления	Антикризисное управление	Традиционное управление
Цель деятельности предприятия	ликвидация причин кризисных тенденций или их последствий при минимальных затратах времени и средств	получение максимально возможной прибыли.
Объект управления	кризисные ситуации в деятельности предприятия, в частности причины их возникновения, развития, мероприятия по их предотвращению.	организационно обособленное звено или процесс, которые являются основой целенаправленного управленческого воздействия.
Функции управления	функции традиционного управления и специфические функции, связанные с непосредственной целью осуществляемых мероприятий.	планирование; организация; координация; мотивация и контроль за выполнением целей.
Условия деятельности предприятия	высокий темп изменений, непредсказуемость ситуации, новые управленческие проблемы.	невысокий темп изменений, предсказуемость ситуаций, управленческие проблемы повторяются.
Организационная структура управления	гибкая, изменяемая в соответствии с антикризисными приоритетами без четкого распределения функций на долгосрочный период.	стабильная или экстенсивно изменяемая с четко очерченными функциями на долгосрочный период, узкая функциональная направленность.
Стиль управления	демократический с элементами авторитарного	демократический.
Организация и аккумуляция ресурсов для достижения поставленных задач	гибкая структура на основе распределения ресурсов в соответствии с антикризисными приоритетами.	жесткая структура.
Характер управленческой информации	зависимость информационных потоков от кризисной ситуации, что складывается; недостаточная, недостоверная информация.	регламентированные информационные потоки, избыток информации.
Характер принятия управленческих решений	скорость решений зависит от характера и масштаба развертывания кризисных явлений.	решения принимаются взвешенно в рамках курса стратегии и миссии предприятия.
Способ решения управленческих проблем	прогнозирование и возможное избежание проблем, ориентация на творческий поиск и новые подходы.	реакция в ответ на возникшую проблему, ориентация на имеющийся опыт.
Система поощрений	поощрения за инициативу, ситуационное поощрение	поощрения за стабильность и эффективность.

Сопоставив различия элементов системы управления, можно утверждать, что антикризисное управление неразрывно связано с традиционным управлением на предприятии, поскольку учитывает все его принципы, функции, цели и задачи.

Таким образом, рассматривая сущность и задачи антикризисного управления, все исследователи едины во мнении, о его специфичности

Основные различия, которые присущи антикризисному управлению, заключаются в следующем: специфичность цели осуществления – сохранение предприятия как хозяйствующего субъекта и восстановление его платежеспособности; использование специфического управленческого инструментария; отделение субъектов осуществления, которые имеют соответствующую профессиональную подготовку, полномочия, знания и навыки, берут на себя ответственность за результаты своей деятельности; обеспечение высокой эффективности управленческого воздействия требует более высоких финансовых и интеллектуальных затрат, соответственно имеет большую стоимость по сравнению с нормальными условиями хозяйствования.

Существенные ресурсные ограничения, связанные с невозможностью или сложностью получения дополнительных ресурсов, прежде всего – финансовых, поскольку привлечение финансовых ресурсов в условиях низкой (даже отрицательной) кредитоспособности и инвестиционной привлекательности является чрезвычайно сложной управленческой задачей; существенные временные ограничения, обусловленные возможными агрессивными действиями кредиторов предприятия и возникновением угрозы инициирования банкротства и ограничения дееспособности существующего руководства предприятия; ориентация управленческих усилий не только на внешние проявления осложнений и проблем, но и на причины их появления, что является препятствием повторения кризиса; повышенная рискованность управленческих решений, принимаемых и реализуемых, в связи с высокой степенью неустойчивости (напряжения) хозяйственной системы; повышение значимости информационно-аналитической поддержки принимаемых управленческих решений, сравнительно больший объем использования аналитико-расчетных и прогностических процедур; ориентация на минимизацию потерь всех заинтересованных лиц – собственников, персонала, кредиторов, государства; использование инновационных решений, креативного подхода к определению типа поведения в кризисной ситуации и поиска путей выхода из нее [5].

Однако подобная трактовка сути антикризисного управления ослабляет его предотвращающую, опережающую направленность. Поэтому стратегически антикризисное управление

начинается не с анализа баланса предприятия за предыдущий или текущий периоды функционирования и осуществления чрезвычайных мер по недопущению несостоятельности, а с момента выбора миссии организации, выработки концепции и цели ее предполагаемой деятельности, формировании и поддержании на должном уровне стратегического потенциала, способности обеспечивать в течение длительного периода конкурентное преимущество как на внутреннем, так и на внешнем рынках.

Таким образом, в основе антикризисного управления лежит: анализ состояния макро- и микросреды и выбор миссии предприятия; познание экономического механизма возникновения кризисных ситуаций и мониторинга внешней и внутренней среды организации с целью раннего выявления «сигналов» об угрозе приближения кризиса; стратегический контролинг деятельности предприятия и разработки стратегии предотвращения его неплатежеспособности; оперативная оценка и анализ финансового состояния, выявление возможности наступления банкротства; разработка политики поведения в условиях наступившего кризиса, выхода из него организации и максимально эффективного функционирования в сложившихся реалиях; постоянный учет риска предпринимательской деятельности и выработка мероприятий по его снижению. Поэтому, с одной стороны, антикризисное управление должно охватывать значительно более широкие сферы деятельности, чем анализ только финансового состояния организации.

Следовательно, антикризисное управление – это постоянно организованное специальное управление, в основу которого положена система методов и принципов разработки и реализации специфических управленческих решений, принимаемых обособленным субъектом в условиях существенных ресурсных и временных ограничений, повышенного риска, финансовых и интеллектуальных затрат для восстановления жизнеспособности предприятия и недопущения его ликвидации как хозяйствующего субъекта и максимально результативной работы в современных условиях.

Учитывая многоаспектность категории «антикризисное управление», единого подхода по определению его сущностных признаков не существует. Поэтому, по нашему мнению, целесообразно комплексное их сочетание. Необходимость адекватности антикризисных действий глубине кризиса предусмотрена и в работе [18], где определены основные этапы финансовой стабилизации (устранения неплатежеспособности; восстановление финансовой устойчивости; изменение финансовой стратегии с целью ускорения экономического роста) и раскрыта система мероприятий, характерных для каждого из них.

Выводы. Таким образом, содержание антикризисного управления предприятием заключается не только в ликвидации внешних признаков, недопущении дальнейшего углубления кризиса, а и в восстановлении способности предприятия как микроэкономической системы к самоорганизации, поддержке ее внутренней и внешней среды и эффективного функционирования в условиях затяжных кризисных явлений, которые переходят из одного вида кризиса в другой, их интенсивность нарастает со значительным углублением кризисного состояния.

Следовательно, антикризисное управление это организованный процесс, направленный на выявление, недопущение и устранение кризисных явлений путем реализации соответствующих функций на стратегическом и тактическом уровнях с целью обеспечения функционирования и развития предприятия.

Такой подход к определению категории «антикризисное управление», анализ его отличий от традиционного управления дает возможность формировать стратегию развития и деятельности предприятия в современных кризисных реалиях с реальной возможностью противодействовать и эффективно функционировать в постоянно сменяющихся кризисах.

Литература

1. Ансофф, И. Новая корпоративная стратегия / И. Ансофф; [пер. с англ. под ред. Ю. Н. Каптуревского]. – СПб. : Питер.– 1999. – 416 с.
2. Антикризисное управление / под ред. Э. С. Минаева и В. П. Панагушина. – М. : ПРИОР. – 1998. – 432 с.
3. Антикризисное управление / Под ред. Э. М. Короткова. – М. : Инфра-М. 2003. – 364 с.
4. Антикризисное управление: от банкротства к финансовому оздоровлению / под ред. Г. П. Иванова. – М. : Закон и право: ЮНИТИ. 2005. – 320 с.
5. Антикризисный менеджмент / А. Г. Грязнова, М. А. Федотова, А. Н. Маринюк и др.; под ред. А. Г. Грязновой. – М. : ЭКМОС, 1999. – 368 с.
6. Багацкий, В. М. Антикризисное управління підприємством / В. М. Багацкий, Н. Д. Гетманцева ; под ред. З. С. Шершньової. – К. : КНЕУ. 2007. – 680 с.
7. Балдин, К. В. Антикризисное управление: макро- и микроуровень : / К. В. Балдин, О. Ф. Быстров, А. В. Рукусуев. – М. : Издательско- торговая корпорация «Дашков и Ко». 2005. – 317 с.
8. Василенко, В. О. Антикризисное управління підприємством: / В. О. Василенко. – [2-е вид., випр. і доп.]. – К. : Центр навчальної літератури. 2005. – 504 с.
9. Гірняк, О.М. Менеджмент / П.П. Лазановський. – Л.: Магнолія плюс, 2005. – 352 с.
10. Герчикова, И. Я. Финансовый менеджмент / И. Я. Герчикова. – М.: Консалтбанк, 1996.
11. Грайнер, Л. Е. Эволюция и революция в процессе роста организации / Л. Е. Грайнер // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 8. Менеджмент. – 2002. – № 4.
12. Зуб, А.Т. Стратегический менеджмент: теория и практика: Учебное пособие для вузов. – М.: Аспект Пресс, 2002. – 415 с.
13. Ивасенко, А.Г. Антикризисное управление: учебное пособие /А.Г. Ивасенко, Я.И. Никонова, М.В. Каркавин. — 3-е изд., стер. — М. КНОРУС, 2016. — 504 с.
14. Крюков, А.Ф. Анализ методик прогнозирования кризисной ситуации коммерческих организаций с использованием финансовых индикаторов / А.Ф. Крюков, И.Г. Егорычев // Менеджмент в России и за рубежом. – 2016. – №5. – С. 28-33
15. Продиус, И. П. Санационный аудит и банкротство предприятий. – [Электронный ресурс] / И. П. Продиус, Н. Н. Доба. – Режим доступа : http://www.nbu.gov.ua/portal/natural/Popu/2000_3/7_17.htm
16. Сошникова, Л.А. Многомерный статистический анализ в экономике / Л. А. Сошникова, В. Н. Тамашевич, Г. Уебе, М. Шефер ; под ред. проф. В. Н. Тамашевича. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 1999. – 598 с.
17. Тарасенко, І.О. Теоретична конструкція антикризового управління підприємствами: дефініція, складники, етапи, принципи. – [Електронний ресурс] / І. О. Тарасенко, О. В. Батрак. – Режим доступа : http://bses.in.ua/journals/2020/52_1_2020/19.pdf.
18. Уткин, Э. А. Риск-менеджмент / Э. А. Уткин. – М. : Ассоциация авторов и издателей «ТАНДЕМ». Издательство ЭКМОС, 1998. – 288 с.
19. Фейлинг, Т.Б. Антикризисное управление. Курс лекций: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки 38.03.02 «Менеджмент» [Текст]. — СПб.: РГТМУ, 2016. — 134 с.
20. Черненко, В.А. Антикризисное управление: учебник и практикум для академического бакалавриата. / В.А. Черненко, Н.Ю. Шведова– М.: Юрайт, 2015. – 409 с.

Gorobets L. S.

INVESTIGATION OF CRISIS PHENOMENA AND ASPECTS OF ECONOMIC CHARACTERISTICS OF ENTERPRISE CRISIS MANAGEMENT IN MODERN CONDITIONS

The article considers the main symptoms of the crisis and the realities of crisis phenomena. The classification of the main signs and types of crisis phenomena characteristic of enterprises of the republic is given. The main factors that provoke the emergence and development of crisis phenomena in the activities of the enterprise are highlighted. Scientific and methodological approaches to the disclosure of aspects of the economic characteristics of anti-crisis management are considered. Specific functions of crisis management are formed on the basis of general management functions. A comparative description of traditional and crisis management is presented. It has been proven that attracting the entire arsenal of anti-crisis funds at all levels of economic management is a necessary condition for the effectiveness of the anti-crisis management system.

Keywords: crisis, types of crises, phases of crisis development, crisis phenomena, aspects of crisis management, strategy, anti-crisis program.

Горобец Лидия Сергеевна, старший преподаватель кафедры учета и аудита ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

E-mail: Lidia77G@yandex.com

Gorobets Lydia Sergeevna - teacher of department of accounting and auditing, State Educational Establishment of Higher Education LPR «Lugansk Vladimir Dahl State University».

Рецензент: Максимов Виталий Владимирович, доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой «Экономика предприятия» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 02.12.2022

УДК 378.016:81'243

ЛИНГВОДИДАКТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ФОРМИРОВАНИЯ КОММУНИКАТИВНОЙ КОМПЕТЕНЦИИ ИНОСТРАННОГО ЯЗЫКА У СТУДЕНТОВ НЕЯЗЫКОВЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Гребеник И.А.

LINGUODIDACTIC TECHNOLOGIES FOR A COMMUNICATIVE FOREIGN LANGUAGE COMPETENCE FORMATION AMONG STUDENTS OF NON-LINGUISTIC SPECIALTIES OF THE TECHNICAL UNIVERSITY

Grebenik I.A.

В данной статье был изучен и проанализирован вопрос лингводидактических технологий формирования коммуникативной компетенции иностранного языка у студентов неязыковых специальностей технического университета. На основе анализа автор пришел к выводу, что лингводидактические технологии формирования коммуникативной компетенции иностранного языка у студентов неязыковых специальностей являются практически оправданными и целесообразными методами обучения. В качестве основных лингводидактических технологий обучения иностранным языкам следует выделить: метод проектов (проектная технология); интерактивные методы обучения (обучение в сотрудничестве, центрированный на ученике подход); технология обучения "case study"; языковой портфель (языковой паспорт, языковая биография, языковое досье); информационно-коммуникационные технологии.

Ключевые слова: лингводидактические технологии, формирование специальных знаний и навыков, профессионально-ориентированный текст, коммуникативная компетенция иностранного языка, неязыковая специальность.

В современное время, лингводидактические технологии обучения иностранным языкам приобретают актуальное и приоритетное значение в контексте формирования коммуникативной компетенции иностранного языка у студентов неязыковых направлений подготовки технических высших учебных заведений. Иностранный язык (английский) выступает в качестве основного средства и инструмента для выполнения профессиональной деятельности, и реализации поставленных профессиональных целей и задач.

Целью данной статьи является изучение и анализ современных лингводидактических технологий формирования коммуникативной компетенции иностранного языка у студентов неязыковых специальностей технического

университета, в контексте модернизации высшего образования.

Исследованиям проблемы использования современных лингводидактических технологий в преподавании и обучении иностранного языка посвящены работы многих педагогов, методистов, научных деятелей и лингвистов: И.Х. Абашевой, Н.В. Агеенко, Е.Н. Вороновой, З.Р. Девтеровой, М.В. Моисеевой, Е.С. Полат, Т.В. Самосенковой, Е.В. Толмачевой и др.

Следует отметить, что под лингводидактическими технологиями обучения иностранным языкам, согласно новому словарю методических терминов и понятий (теория и практика обучения языкам) под редакцией Э.Г. Азимова, следует понимать совокупность рациональных способов научной организации труда, которые за минимальное время с наименьшей затратой сил и средств обеспечивают реализацию задач и достижение поставленных целей обучения. В качестве основных характеристик лингводидактических технологий обучения следует выделить: а) результативность – высокий уровень достижения поставленных целей и задач; б) экономичность – при наименьшей затрате усилий на овладение материалом, усваивается большой объем учебного материала за единицу времени; в) эргономичность – процесс обучения происходит в обстановке положительного эмоционального микроклимата и сотрудничества; г) высокая мотивация в изучении дисциплины, что главным образом способствует повышению заинтересованности к практическим занятиям [1].

Необходимо сказать, что лингводидактические технологии, в настоящее время, занимают актуальное и приоритетное место в методике и практике иноязычного образования в контексте формирования коммуникативной компетенции иностранного языка у студентов неязыковых

специальностей технического вуза. В рамках данной статьи детально изучим и проанализируем основные *лингводидактические технологии* обучения иностранным языкам: 1) метод проектов (проектная технология); 2) интерактивные методы обучения (обучение в сотрудничестве, центрированный на ученике подход); 3) технология обучения “case study”; 4) языковой портфель (языковой паспорт, языковая биография, языковое досье); 5) информационно-коммуникационные технологии.

Под *методом проектов* следует понимать *проектную технологию* обучения, которая основывается на моделировании социального взаимодействия в определенной группе, в процессе учебной деятельности. Данная технология предполагает личностно-деятельностный подход к обучению. В контексте формирования знаний и навыков по иностранному языку, под «проектом» необходимо понимать планирование и реализацию учебной деятельности на иностранном языке (т.е. выпуск стенгазеты, журнала, сборника тезисов доклада, подготовки выставки и различных мероприятий). Подготовка разнообразных проектов на иностранном языке позволяет значительным образом повысить мотивацию обучающихся в овладении иноязычными знаниями и навыками, на основе учебно-ролевых игр и решения практических задач [5].

Проектная технология предполагает активное взаимодействие студентов в академической группе в процессе учебной деятельности, создает условия для сотрудничества в системе «студент – преподаватель – группа», т.е. обучаемые берут индивидуальную и коллективную ответственность за решение определенных учебных и прикладных целей, задач и планов. Соответственно, посредством данной технологии происходит непосредственное запоминание новых лексических единиц и словосочетаний, грамматических структур, языковых и речевых норм, правил и образцов иноязычного общения. Так, в области изучения иностранного языка выделяют следующие виды проектов: *конструктивно-практические* (разработка ситуации общения); *ролевые и игровые* (сочинение сценария мероприятия); *информационные и исследовательские* (проведение исследования по заданной тематике); *социологического обследования* (изучение вопроса по применению иностранных языков в разных странах); *сценарные проекты* (специальная программа выступления на иностранном языке); *творческие* (сочинение по заданной тематике, перевод литературных произведений). По своему предметному содержанию, вышеуказанные виды проектов могут быть реализованы в области изучаемого иностранного языка и носить междисциплинарный характер [5].

Под *интерактивными методами обучения*, необходимо понимать вид обучения, которое основывается на взаимодействии студента со средой

обучения, где студент становится полноправным участником процесса обучения, функция педагога сводится к побуждению учащихся к самостоятельному поиску, а образовательная среда выступает в качестве главного источника приобретаемого опыта и формируемых знаний, навыков, умений. Интерактивные методы обучения, в контексте формирования коммуникативной компетенции иностранного языка, реализуются в рамках: а) *метода обучения в сотрудничестве* и б) *центрированном на ученике подходе* [3].

Обучение в сотрудничестве, выступает в качестве варианта личностно-ориентированного подхода в обучении иностранным языкам и предполагает совместное обсуждение образовательных целей, прикладных задач и возможных профессиональных вопросов, принятие решений по определённой тематике. Основной идеей обучения в сотрудничестве является создание на практических занятиях по иностранному языку благоприятных условий для взаимодействия и сотрудничества в системе «студент – преподаватель – группа», активной совместной учебной деятельности в разнообразных учебных ситуациях. *Центрированный на ученике подход*, выступает в качестве варианта коммуникативно-деятельностного подхода к обучению иностранным языкам, и предполагает раскрытие личностного потенциала студента в результате особой организации образовательного процесса, создание партнерских отношений между преподавателем и учащимся, ориентированных на формирование знаний, навыков и умений необходимых в речевом иноязычном взаимодействии [3].

Под *технологией обучения “case study”* следует понимать определенный набор учебных материалов (кейсов), предполагается, что в результате ознакомления с данными материалами, студенты смогут понять содержание заданной проблематики и предложить свое решение с использованием приобретенных знаний и умений. Работа с кейс-технологиями, на практических занятиях по иностранному языку (английский), предусматривает совершенствование речевых навыков и умений, в результате обсуждения проблемной ситуации, которая содержится в задании. Модель организации практических занятий по иностранному языку в контексте данной технологии предполагает три этапа: а) *организационный*: описание предстоящей работы с материалами кейса и знакомство студентов с учебными материалами; б) *рабочий*: выполнение заданий, принятие решений по заданной проблематике; в) *завершающий*: обсуждение проблемы, комментарии преподавателя, оценка работы студентов, устное или письменное задание по обсуждаемой проблематике. Соответственно, возможные варианты заданий для работы с кейс-технологиями в рамках формирования коммуникативной компетенции иностранного языка у студентов неязыковых специальностей

технического университета являются: профильно-направленная тематика обсуждения, список ключевых слов и понятий по теме, профессионально-ориентированный текст для изучения и последующего обсуждения, задания и упражнения к тексту, темы для устного и письменного выступления на практических занятиях [6].

Так, *технология языкового портфеля* предполагает определенный пакет рабочих материалов, наглядно демонстрирующие приобретенный опыт учебной деятельности студента по овладению иностранным языком (английским). Пакет материалов предоставляет возможность преподавателю и студенту анализировать объем проделанной работы, оценивать результаты в области изучения иностранного языка, отслеживать динамику и скорость овладения знаниями и навыками. Языковой портфель является инструментом для самоконтроля учебной деятельности, демонстрирует результаты в овладении коммуникативной компетенцией иностранного языка и в своем содержании имеет: различные контрольные и тестовые задания, семестровые проекты и курсовые работы, тезисы докладов, итоговые письменные работы и пр. [2].

Языковой портфель студентов *неязыковых специальностей* (инженерные направления подготовки) может состоять из трех компонентов: 1) *языковой паспорт* (показывает какими иностранными языками владеет студент и уровень владения); 2) *языковая биография* (данный раздел наполняется в процессе обучения изученными материалами и может иметь следующие виды работ и заданий: тесты на определение языкового уровня; лексические и грамматические тесты; монологические фразы и высказывания; диалоги, подготовленные по заданной профессионально-направленной тематике; список терминологической и специальной лексики, составленный на основе пройденного материала); 3) *языковое досье* (данный раздел может содержать следующие материалы: составленное на иностранном языке резюме в соответствии с современными стандартами; проработанные иноязычные профессионально-ориентированные текстовые материалы; подготовленные на иностранном языке тезисы доклада, статьи, научные работы по специальности; документальные подтверждения о сданных международных экзаменах по иностранному языку; сертификаты об участии или победе в международных конференциях на иностранном языке) [2].

Информационно-коммуникационные технологии представляют собой различные программно-аппаратные средства и устройства, функционирующие на базе компьютерной техники; современные средства и системы информационного обмена, обеспечивающие сбор, накопление,

хранение, продуцирование и передачу информации. Под информационно-коммуникационными средствами обучения следует понимать информационные ресурсы, т.е. совокупность интеллектуальных ресурсов, участвующих в информационном обмене, в том числе посредством компьютерных средств. Информационные ресурсы по иностранным языкам включают: образовательные платформы и порталы; электронные учебные пособия, учебники, словари и библиотеки; компьютерные тренажеры и пр. [4].

На основании проведенного нами анализа научно-исследовательской, научно-педагогической и методической литературы, мы пришли к выводу, что лингводидактические технологии формирования коммуникативной компетенции иностранного языка у студентов неязыковых специальностей являются практически оправданными и целесообразными методами обучения в техническом университете. В качестве основных *лингводидактических технологий* обучения иностранным языкам следует выделить: метод проектов (проектная технология); интерактивные методы обучения (обучение в сотрудничестве, центрированный на ученике подход); технология обучения "case study"; языковой портфель (языковой паспорт, языковая биография, языковое досье); информационно-коммуникационные технологии. Следовательно, для формирования коммуникативной компетенции иностранного языка и для достижения значимых результатов в образовательном процессе следует использовать *лингводидактические технологии* обучения и, профессионально-ориентированные тексты, чтобы приблизить учебную ситуацию к реальной профессиональной обстановке и повысить мотивацию в изучении иностранного языка в рамках изучаемой специализации.

Литература

1. Азимов, Э.Г., Щукин, А.Н. Новый словарь методических терминов и понятий (теория и практика обучения языкам). – М.: Издательство ИКАР, 2009. – 448 С. – С. 362, – С. 25-26.
2. Ваторопина Е.В. Языковой портфель как средство обучения и инструмент оценивания достижений учащихся по иностранному языку // Материалы V всероссийского семинара. Уральский государственный педагогический университет – Екатеринбург, Россия. – 2011. – С. 21-26.
3. Дзуличанская Н.Н. Интерактивные методы обучения как средство формирования ключевых компетенций / МГТУ им. Н.Э. Баумана / Электронное научно-техническое издание – Наука и Образование. № 04, апрель 2011. – С. 1-10.
4. Жавнер Т.В. Роль инновационных технологий в формировании профессиональной иноязычной компетентности будущих инженеров / Т.В. Жавнер, В.В. Воног, В.А. Адольф / Педагогические науки, Вестник Брянского госуниверситета. – 2016 (2). – С. 245-249
5. Фролова О.А., Лопатинская В.В., Рубанникова И.А. Проектная технология обучения как способ формирования иноязычной профессиональной компетенции // Мир науки. Педагогика и психология,

2020 №1, <https://mir-nauki.com/PDF/69PDMN120.pdf> (доступ свободный, 18.10.2022).

6. Фролова Т.П. Кейс-метод как средство обучения студентов-юристов профессионально ориентированному общению (на примере английского языка) // Язык и мир изучаемого языка: сб. науч. ст. – Саратов: ТЭУ, 2011. – С.180-185.

Grebenik I.A.
LINGUODIDACTIC TECHNOLOGIES FOR A COMMUNICATIVE FOREIGN LANGUAGE COMPETENCE FORMATION AMONG STUDENTS OF NON-LINGUISTIC SPECIALTIES OF THE TECHNICAL UNIVERSITY

The issue of linguodidactic technologies for a communicative foreign language competence formation among students of non-linguistic specialties of the technical university have been studied and analyzed in the article. Based on the analysis, the author came to the conclusion that linguodidactic technologies for a communicative foreign language competence formation among students of non-linguistic specialties are practically justified and expedient teaching methods. The main linguodidactic technologies for teaching foreign languages are the following: method of projects (project technology); interactive teaching methods (cooperative learning, student-centered approach); learning technology "case study"; language portfolio (language

passport, language biography, language file); information and communication technologies.

Keywords: *linguodidactic technologies, special knowledge and skills formation, professionally oriented text, communicative foreign language competence, non-linguistic specialty.*

Гребеник Игорь Анатольевич, аспирант ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный педагогический университет», «Теория и методика профессионального образования», старший преподаватель ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

E-mail: engstudy2020@mail.ru

Grebenik Igor Anatolievich, postgraduate student of State Educational Institution of Higher Education "Lugansk State Pedagogical University", "Theory and methodology of professional education", senior teacher of SEE HT LPR «Luhansk Vladimir Dahl State University».

Рецензент: Клименко Александр Сергеевич, доктор филологических наук, профессор, заведующий кафедрой лингвистики и технического перевода ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 15.11.2022 г

УДК 614.895.5:687.17

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ И МАТЕРИАЛОВ, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ В ОБЛАСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СПЕЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТНОЙ ОДЕЖДЫ ПОЖАРНЫХ

Дейнека И.Г., Родионова Н.Н., Ермоленко М.В.

THE CURRENT STATE OF REGULATORY AND TECHNICAL DOCUMENTATION AND MATERIALS USED IN THE DESIGN OF SPECIAL PROTECTIVE CLOTHING FOR FIREFIGHTERS

Deineka I.G., Rodionova N.N., Ermolenko M.V.

В данной статье выполнен анализ существующей нормативно-технической документации, регламентирующей разработку специальной защитной одежды пожарных, рассмотрены требования и экспериментальные методики исследований, изложенные в европейских и международных стандартах.

Выполнен сравнительный анализ используемых в настоящее время тканей с огнеупорными свойствами.

Выявлено, что в некоторых регламентирующих документах недостаточно данных для разработки эргономически рациональных конструкций специальной боевой одежды пожарных.

Предложено направление исследования конструктивного устройства боевой одежды пожарного с учетом применения новых материалов с огнеупорными свойствами.

Ключевые слова: специальная защитная одежда пожарного; боевая одежда пожарного; требования; стандарт; эргономическая конструкция; антропологическое исследование; базальтовые, арамидные и кремнеземные материалы.

Введение. В июле 2017 года в составе ГОУ ВПО «Луганский национальный университет имени Владимира Даля» было создано новое структурное подразделение – Институт гражданской защиты.

Основным предметом деятельности института является удовлетворение потребности подразделений Министерства чрезвычайных ситуаций и ликвидации последствий стихийных бедствий ЛНР в высококвалифицированных специалистах. С появлением новых кадров в рядах МЧС ЛНР, в том числе и в пожарно-спасательных частях, актуальным становится вопрос снабжения качественной специальной защитной одеждой (СЗО) пожарных.

Проектированию СЗО пожарных в настоящее время посвящено множество исследований как в России, так и за рубежом [3, 4]. Большая их часть посвящена разработке новых огнестойких материалов, а также определению устойчивости

СЗО пожарных к воздействию на нее тепловых факторов. В то же время СЗО пожарных должна обладать не только защитными и эксплуатационными свойствами, но также быть эргономичной и функциональной.

Работа пожарного – один из опаснейших видов профессиональной деятельности человека. Сохранение жизни и здоровья человека в данном случае – первостепенная задача производителей производственной одежды. СЗО пожарных является уникальной по своей конструкции и материалам. Конструкция и материалы, из которой она изготовлена, должны обеспечивать ряд требований жизнеобеспечения человека, поскольку работающему в этом костюме необходимо свободно двигать руками и ногами, дышать, передвигать предметы, держать брандспойты, перемещаться по пересеченной местности, передвигаться по лестницам и т.д. в неблагоприятной окружающей среде и повышенной температуре воздуха и зачастую контактируя с открытым пламенем. От того, насколько удобно будет двигаться в изделии пожарному при проведении аварийно-спасательных работ, зависит скорость выполнения всех поставленных задач: от тушения горящих объектов до спасения жизней людей [14].

Проектирование СЗО является сложной задачей, решение которой требует комплексного подхода, учитывающего повышенные требования к эксплуатационным качествам изготавливаемой одежды, а также результаты всестороннего анализа актуальных требований.

Целью работы является исследование существующей нормативно-технической документации, регламентирующей разработку СЗО пожарных, определение требований к эргономичности конструкции и анализ существующего ассортимента огнеупорных тканей.

Изложение основных материалов. В группе социальной сети для пожарных и спасателей был

проведен опрос на тему: «Что для вас является наиболее важным в боевой одежде пожарного». Участие приняли свыше 1000 человек, по

результатам установлены основные предпочтения пожарных относительно СЗО пожарных. На рис.1 приведены результаты социального опроса [15].

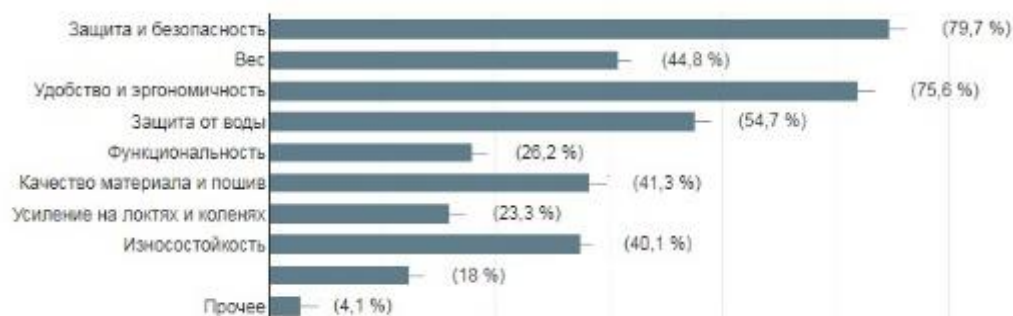


Рис. 1. Результаты социального опроса среди пожарных

Исходя из полученных данных можно сделать вывод о том, что удобство и эргономичность являются вторым фактором по значимости после защиты и безопасности СЗО пожарных.

Рассматривая существующую проблему, мы обратились к основным нормативным документам по созданию СЗО пожарных. Основные нормативные требования и методы испытаний СЗО пожарного определяет ГОСТ 53264-2019 [1].

Согласно ГОСТ [2] СЗО подразделяется на:

- боевую одежду пожарного (БОП - специальную защитную одежду общего назначения);
- специальную защитную одежду от повышенных тепловых воздействий (СЗО ПТВ);
- специальную защитную одежду изолирующего типа (СЗО ИТ).



Рис. 2. Виды СЗО пожарных согласно ГОСТ 53264-2019

В соответствии с ГОСТ [1] к одежде пожарного предъявляются следующие конструктивные требования:

- Конструкция СЗО, СЗР (средства защиты рук), используемые для их изготовления материалы и фурнитура должны препятствовать проникновению во внутреннее пространство изделий воды, в том числе с добавлением поверхностно-активных веществ.
- Куртка БОП должна иметь воротник-стойку высотой не менее 100 мм. По линии стойки воротника с внутренней стороны должна быть настрочена накладка из ткани, не оказывающей вредного и раздражающего действия на кожу человека.

- На куртке БОП должен быть предусмотрен карман для радиостанции. При этом все наружные накладные карманы должны иметь застегивающиеся клапаны и отверстия для стока воды.

- Куртка БОП должна быть с центральной бортовой застежкой с водозащитным клапаном. Застежка может быть выполнена в виде карабинов или застежки-молнии.

- При использовании в качестве материала верха материала с полимерным пленочным покрытием в конструкции БОП должны быть предусмотрены вентиляционные отверстия.

- Рукава куртки БОП должны иметь напульсники.

- При изготовлении БОП класса 2 в виде плаща его конструкция должна соответствовать требованиям конструктивного устройства изделия. Длина плаща должна закрывать коленные суставы не менее чем на 50 мм.

В соответствии с ГОСТ [1] к одежде пожарного предъявляются следующие требования эргономики и физиолого-гигиены:

- Конструкция СЗО, СЗР и используемые для их изготовления материалы должны быть эргономичными, не сковывать движения и позволять пожарному эффективно выполнять все виды деятельности при тушении пожаров и проведении аварийно-спасательных работ.

- Проверка конструктивных, эргономических, физиолого-гигиенических показателей и совместимости СЗО на соответствие требованиям настоящего стандарта осуществляется при проведении натурных испытаний.

Данный ГОСТ [1] достаточно корректно соотносится с требованиями и методами, изложенными в стандартах EN и ISO.

В процессе работы рассмотрены требования и экспериментальные методики исследований, изложенные в европейских и международных стандартах [2].

Так, в стандартах [3, 4] описывается метод сравнения теплопередачи через материалы, используемых в СЗО.

В стандарте [5] классифицируются материалы по способности к ограниченному распространению по ним пламени при испытаниях согласно стандарту [6]. Определены три класса материалов по стойкости к воздействию открытого пламени.

Классификация тепло-огнезащитной одежды в зависимости от условий эксплуатации и тепловых воздействий приводится в стандарте [7].

В стандарте [8] приводятся требования и методы испытаний материалов для защитной одежды при воздействии открытого пламени, конвективного и радиационного тепла.

Стандарты [9, 10] распространяются на спецодежду пожарных. Защитную одежду по указанным стандартам возможно идентифицировать как спецодежду для добровольцев и профессиональных пожарных.

В процессе работы были также проанализированы ГОСТы на специальную одежду [11], [12]. В данных нормативно-технических документах приведены размеры плечевых и поясных изделий, а также оптимальная величина конструктивных прибавок в изделиях спецодежды от повышенных температур. Проведенный анализ показал, что в стандартах [11], [12] появились сдвоенные размеро-роста на типовые фигуры, что, по мнению разработчиков стандартов, обеспечит удовлетворенность потребителей в ассортименте БОП и в таком случае отпадет необходимость улучшения конструктивного устройства.

Разработка эргономичной одежды, обусловленной профессиональными особенностями трудовой деятельности пожарных, является одной из основных задач, которые стоят перед разработчиками БОП.

Ввиду того, что система «человек-одежда-среда» проявляется в динамических процессах, основным эргономическим требованием к конструкции является обеспечение ее динамического соответствия характерным и экстремальным движениям работающего в конкретных производственных условиях, что в значительной степени зависит от материалов, из которых изготовлено изделие.

В соответствии с ГОСТ 53264-2019 разработаны требования к разработке и изготовлению БОП. Однако материалы для изготовления такого костюма продолжают изменяться в соответствии с развитием производства тканей, обеспечивающих защиту пожарного от повышенных температур как снаружи, так и с внутренней поверхности костюма.

Существующий ГОСТ Р 53264-2009 устанавливает требования к материалам для защитной одежды пожарного. Ткань должна:

- обеспечивать защиту от вредного влияния факторов окружающей среды, с которыми приходится сталкиваться работнику;
- не должна воспламеняться под действием высоких температур и открытого огня;
- обладать повышенной износостойкостью;
- подходить под определенные условия работы (сильные морозы, жара, повышенные «гигиенические требования»);
- выглядеть эстетично.

За последние годы производители тканей с огнеупорными свойствами значительно продвинулись вперед. До недавнего времени использовались дешевые ткани из натуральных волокон, защитные эффекты которых определялись толщиной ткани, ее весом и пропиткой. От прорезиненных, брезентов и материалов с полимерным пленочным покрытием винилискожа-Т перешли к материалам с полимерным пленочным покрытием. Тканевой основой для них служат мета-и параарамидные ткани с меньшей поверхностной плотностью (до 150 г/м²). В качестве полимерных покрытий используют резинотехнические композиции на основе силиконовых эластомеров (кремнийорганические полимеры), а также другие многослойные каучуковые композиции.

В качестве теплоизоляционных материалов БОП используются шерстяные войлоки, а также шерстяные и полшерстяные ватины [13]. Кроме того, находят применение кварцевые и кремнеземные, асбестовые, углеродные, полиэфирные и базальтовые, арамидные материалы и стеклоткани. Они легкие и прочные, выдерживают высокие и низкие температуры, воздействие агрессивных веществ [14].

Однако следует отметить, что за повышением жаропрочности производитель упускает развитие ткани с хорошей пластической деформацией, за счет которой можно обеспечить более высокие эргономические свойства БОП. Так, например, недостатком арамидов является низкая прочность в трансверсальном (поперечном) направлении, так как в этом направлении жгуты имеют наименьшую сопротивляемость растяжению, а следовательно, на сжатие и изгиб тоже.

Вопросы эргономичности костюма пожарного в системе «человек-одежда-среда» сегодня имеют актуальное значение. С целью совершенствования конструктивного устройства БОП, которое неразрывно связано со свойствами материалов, был проведен сравнительный анализ существующих тканей с огнеупорными свойствами и представлен в табл.1.

Таблица 1

Огнеупорные ткани ведущих производителей с характеристикой физических и гигиенических свойств

Производитель	Название	Состав	Свойства
Westex, (США)	Ткань Indura 100% из хлопка	100% ХЛ	Высокий срок службы
	Indura Ultra Soft	88%ХЛ 12% нейлон	Дополнительная защита от огня. Высокопрочная нейлоновая нить, высокая устойчивость к истиранию
Ten Cate Protect (Нидерланды)	Tecasafe Hydro-control	50% огнестойких химических волокон и около 45% ХЛ	Дополнительная водостойкость, Tecasafe Static-control содержит специальное волокно, повышающее антистатичность; Tecasafe Silhoflec с точечным светоотражающим покрытием, обеспечивающим дополнительную защиту в условиях ограниченной видимости
Ten Cate Protect	Millenia light (XC 9001)	параарамидные волокна (Кевлар) и РВО	Высокая огнеупорность. Не горит и не тлеет после того, как пламя было потушено
	Tecastretch (KG 700)	100% ХЛ	Повышенная эластичность
	Polymole (NB 43)	100% ХЛ	Повышенная видимость. Надежная защита от ветра, дождя, водных растворов
Carrington (Англия)	3111-Proban®	100% ХЛ	Повышенная прочность и износоустойчивость ткани, повышенный срок службы
Carrington (Англия)	Flameshield	100% ХЛ	Высокие прочностные характеристики
Carrington (Англия)	3111-Proban®	100% ХЛ со специализированным алюминизированным покрытием	Высокие защитные свойства и уникальная долговечность
	Termoshield-AL	Panox® (70%) и Kevlar® (30%)	Высокие защитные свойства
Carrington, (Англия)	Flameshield 340 RS EASY CARE Proban®	100% ХЛ	Огнезащитная технология Устойчивость огнезащитных свойств к многочисленным стиркам и химчисткам. Чем чаще изделия стирают, тем лучше защита
Carrington, (Англия)	Flameshield 2 EASY CARE	100% ХЛ	
Carrington, (Англия)	Flameshield 400	100% ХЛ	Огнеупорная пропитка
Termoshield-P (Германия)	Termoshield-P	Panox® (70%) и Kevlar® (30%)	Легкая (260 г/м ²), мягкая, высокая воздухопроницаемость. Повышенная прочность
Alpha (Беларусь)	Termolin	Полиоксадиазольное волокно, «Арселон-С»	Хорошие гигиенические свойства. Высокая растяжимость, обеспечивает эргономическим свойствами. Масло, водоотталкивающая отделка
Concordia (Бельгия)	«Савуар ФПИЦ» (Saviour FRC)	100% Полиэфир с PU-мембраной и отделкой Teflon®	Огнестойкие свойства. Обеспечивают возможность работы на улице в суровых погодных условиях (дождь, снег)

Продолжение табл. 1

Производитель	Название	Состав	Свойства
«Чайковский текстиль» +уникальная технология RugovateхТ от компании CibaT	Лидер - комфорт 285	80%ХЛ 20%ПЭ	Хорошие огнезащитные и прочностные свойства, Комфортность в носке и хорошие «дышащие» свойства
	Премьер FR 300	80%ХЛ 20%ПЭ	Огнезащитные свойства с использованием препарата Rugovateх
«Чайковский текстиль»	«Премьер FR 350А»	100% ХЛ	Защита от пламени, конвентивного и лучистого тепла
Киев	Флэймстат Коттон (Flamestat cotton, Carrington)	100% ХЛ	Уникальная мягкость огнестойких тканей Carrington делает одежду удобной и комфортной в носке
Текстайм Адвентум Технолоджис (Россия) + Carrington Textiles (Великобритания)	Огнестойкий хлопок с Proban	100% ХЛ	Огнезащитная отделка для трикотажных материалов
Клортани Ассоциации “Восток-Сервис”	Meteor	100% ХЛ	Изготовлен костюм огнестойкий “Геркулес”
	Megatek-K	70% ХЛ (пропитка Proban)+ KERPRO (в количестве 30%)	Новое негорючее волокно KERPRO
Dupont (США)	Номекс (NOMEX)	сочетание метаарамидных, параарамидных (Кевлар) и антистатических волокон	Повышенная прочность и термальная стойкость. Ткань не поддерживает горение, не плавится и не выделяет дыма и токсичных веществ

Выводы. Полученные данные указывают на то, что ткани, выпускаемые для изготовления БОП практически не имеют пластических свойств, что затрудняет разработку эргономичной конструкции.

Проанализировав конструктивные и эргономические требования, изложенные в ГОСТ [1], можно сделать вывод, что требования к конструкции БОП имеют общий характер. ГОСТы [11], [12] регламентируют увеличенные прибавки в объемах по основным конструктивным участкам, что, на наш взгляд, утяжеляет конструкцию, делает ее громоздкой и не эргономичной. Следовательно, вопросы усовершенствования конструкции БОП требуют дальнейшего исследования.

Л и т е р а т у р а

1. ГОСТ Р 53264–2019. Техника пожарная. Специальная защитная одежда. Общие технические требования. Методы испытаний. : национальный стандарт Российской Федерации : дата введения 01.01.2022/ ФГБУ ВНИИПО МЧС России. – Изд. официальное. – Москва : Стандартинформ, 2019. – 42 с.

2. В.И. Логинов ISSN 2686-8075 2019 № 1 (1) Актуальные вопросы пожарной безопасности. Current fire safety issues. [сайт]. – 2022. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/trebovaniya-k-boevoy-odezhde-pozharnogo-i-eksperimentalnye-metodiki-issledovaniy-izlozhennyye-v-evropeyskih-mezhdunarodnyh-i> (дата обращения: 3.12.2022).

3. ISO/TS 94/SC 13 №110 (СД 9151.2). Защитная одежда – Защита от тепла и пламени – Метод испытания: Определение теплопередачи по действию пламени.

4. EN 367. Защитная одежда – защита от высокой температуры и огня – метод определения теплопередачи при воздействии пламени

5. EN 533. Защитная одежда – защита от высокой температуры и огня – материалы и одежда с ограниченной способностью к распространению пламени.

6. EN 532. Clothing for protection against heat and flame – Method of test for limited flame spread.

7. ISO/FDIS 2801. Одежда для защиты от воздействия тепла и пламени – общие рекомендации по выбору, уходу и пользованию защитной одеждой.

8. ISO/FDIS 11612. Одежда для защиты от воздействия тепла и пламени – Методы испытания и эксплуатационные требования по теплозащитной одежде для использования в промышленных целях.

9. ISO 15384. Одежда защитная для пожарных. Лабораторные методы испытаний и требования к эксплуатационным характеристикам защитной одежды для тушения лесов и сельскохозяйственных насаждений.

10. ISO 11613. Одежда защитная для пожарных. Лабораторные методы испытаний и эксплуатационные требования/

11. ГОСТ 12.4.250-2019. Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная для защиты от искр и брызг расплавленного металла. Технические требования. : национальный стандарт Российской Федерации : дата введения 01.09.2020/ АО «ВОСТОК-СЕРВИС-СПЕЦКОМПЛЕКТ». – Изд. официальное. – Москва : Стандартинформ, 2019. – 11 с.

12. ГОСТ Р 12.4.297-2013. Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная для защиты от повышенных температур теплового излучения, конвективной теплоты, выплесков расплавленного металла, контакта с нагретыми поверхностями, кратковременного воздействия пламени. Технические требования и методы испытаний.: национальный стандарт Российской Федерации : дата введения 01.12.2014 / «ФПГ Энергоконтракт». – Изд. официальное. – Москва : Стандартиформ, 2019. – 13 с.

13. Никифоров А.Л., Шарабанова И.Ю., Ульяева С.Н., Сорокин Д.В., Спиридонова В.Г. Исследование свойств теплоотражающего покрытия на основе силиконов для боевой одежды пожарного // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России (Современные проблемы гражданской защиты). 2018. 2(27).

14. Сорокин Д. В., Никифоров А. Л. Исследование влияния эксплуатационных факторов на теплозащитные показатели пакета материалов боевой одежды пожарного // Технологии и качество. 2021. № 4(54). С. 16–21.

15. Сетевое издание «Fireman.club»: сайт. Москва. URL: <https://fireman.club/statyi-polzovateley/boevaya-odezhda-pozharnogo-bop-1-2-3-ttx-izgotovlenie-nadevanie-ukladka-otrabotka-normativa-naznachenie-ceny/> (дата обращения: 12.12.2022).

Deineka I.G., Rodionova N.N., Ermolenko M.V.
THE CURRENT STATE OF REGULATORY AND TECHNICAL DOCUMENTATION AND MATERIALS USED IN THE DESIGN OF SPECIAL PROTECTIVE CLOTHING FOR FIREFIGHTERS

This article analyzes the existing regulatory and technical documentation regulating the development of special protective clothing for firefighters. The requirements and experimental research methods set out in European and international standards are considered.

A comparative analysis of currently used fabrics with refractory properties has been performed.

It is revealed that in some regulatory documents there is insufficient data for the development of ergonomically rational designs of special combat clothing for firefighters.

The direction of research of the constructive device of the firefighter's combat clothing is proposed, taking into account the use of new materials with refractory properties.

Keywords: *firefighter's special protective clothing; firefighter's combat clothing; requirements; standard; ergonomic design; anthropological research; basalt, aramid and silica materials.*

Дейнека Инесса Григорьевна, профессор, доктор технических наук, заведующий кафедрой легкой и пищевой промышленности ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».
E-mail: igdeineka@yandex.ru

Deyneka Innesa Grigoryevna - Professor, Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Light and Food Industry, SEE HT LPR «Luhansk Vladimir Dahl State University».

Родионова Надежда Николаевна, кандидат педагогических наук, доцент кафедры легкой и пищевой промышленности ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».
E-mail: n.n.rodionova@mail.ru

Rodionova Nadezhda Nikolaevna, PhD (Pedagogy), Associate Professor of the Department of Light and Food Industry, SEE HT LPR «Luhansk Vladimir Dahl State University».

Ермоленко Марина Вадимовна, аспирант 1-го курса направления подготовки 20.06.01 – Техносферная безопасность ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».
E-mail: marina.ermolenko200@mail.ru

Ermolenko Marina Vadimovna, 1st year of training post-graduate student, educational program 20.06.01 – Technospheric safety, SEE HT LPR «Luhansk Vladimir Dahl State University».

Рецензент: Витренко Владимир Алексеевич, доктор технических наук, профессор, проректор по научной работе и инновационной деятельности ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 29.12.2022

УДК 616.13

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ И ТРОЙНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ БИОРИТМОВ

Коваленко В.И.

MATHEMATICAL REPRESENTATION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN BLOOD PRESSURE AND TRIPLE INFLUENCE OF BIORHYTHMS

Kovalenko V.I.

Для выявления значащей с математической точки зрения взаимосвязи биоритмов и артериального давления как по году в целом, так и по его отдельным месяцам предложена методика.

Исходными данными являются экспериментальные значения артериального (систолического и диастолического) давления, полученные автором в период 70-го года его жизни (365 дней). К этому же периоду относятся и исследуемые биоритмы.

Проанализирована взаимосвязь артериального давления и тройного воздействия биоритмов (физических, эмоциональных и интеллектуальных), находящихся как в возрастающей, так и в убывающей фазах. Наиболее информативным (активным) является месяц, предшествующий дню рождения человека. Активными являются также месяцы, отстоящие (примерно) на полгода от дня рождения, и 1-й месяц после даты рождения.

Ключевые слова: *систолическое артериальное давление, диастолическое артериальное давление, величина достоверности аппроксимации, биоритмы, тройное воздействие биоритмов, взаимосвязь артериального давления и биоритмов.*

Введение. В настоящее время общепринятым является утверждение, что биоритмы – это псевдонаука. Тем не менее, попытаемся определить, существует ли взаимосвязь параметров, характеризующих физическое состояние человека (например, артериального давления) с его биоритмами.

При последующем анализе предполагается учесть влияние биоритмов, поэтому рассматриваем определение биоритмов для анализируемого периода, равного 365 дней. Исходное положение биоритмов зависит только от дня рождения человека.

Работа построена на анализе экспериментальных данных. Исходными данными для исследования являются многочисленные экспериментальные значения артериального (систолического и диастолического) давления, полученные автором в период 70-го года его жизни.

К этому же периоду относятся и исследуемые биоритмы.

В течение анализируемого периода было выполнено 1625 пар измерений артериального давления автоматическим тонометром мод. UA-668 фирмы AND; выполнены предусмотренные инструкцией правила пользования тонометром.

Полученные данные были систематизированы и проанализированы с использованием методов математической статистики: корреляционного и регрессионного анализов [1,2,3]. В качестве инструмента анализа принята величина достоверности аппроксимации R^2 .

При анализе экспериментальных данных, наряду с другими, использован аппарат программного продукта Excel [4].

В работе [5] затронута рассматриваемая тематика в самом общем виде. В настоящей работе вопрос взаимодействия артериального давления и биоритмов рассмотрен более полно.

Целью настоящей работы является математическое представление взаимосвязи артериального давления и биоритмов при их тройном воздействии.

Структура условного года «70-й». Анализу подвергается период, включающий 365 суток, то есть, равный 1 году. Однако, в данном случае речь идет о годе, месяцы которого сформированы необычным способом. Характеристика «70-го» года в целом приведена в табл. 1.

Из табл.1 следует, что 1-й день 70-го года, а значит, и 1-й день 1-го месяца 70-го года – это 20 сентября 2008 г. (автору исполнилось 69 лет, начался 70-й год – отсюда и название года: «Семидесятый» или «70-й»).

То есть, речь идет о том, чтобы выявить, имеется ли закономерность в течение условного года, который состоит из 12 условных месяцев. Условный месяц включает до 31 реального дня и формируется на основе соответствующих дней всех 12 месяцев года.

Таблица 1

Характеристика «70-го» года												
70-й год				Месяц года			70-й год				Месяц года	
Дни года (от ... до)	Период года (от ... до)			№ п/п	Обозна- чение	Кол- во дней	Дни года (от ... до)	Период года (от ... до)			№ п/п	Обозна- чение
1	30	20.09.2008	19.10.2008	1	70.01	30	182	212	20.03.2009	19.04.2009	7	70.07
31	61	20.10.2008	19.11.2008	2	70.02	31	213	242	20.04.2009	19.05.2009	8	70.08
62	91	20.11.2008	19.12.2008	3	70.03	30	243	273	20.05.2009	19.06.2009	9	70.09
92	122	20.12.2008	19.01.2009	4	70.04	31	274	303	20.06.2009	19.07.2009	10	70.10
123	153	20.01.2009	19.02.2009	5	70.05	31	304	334	20.07.2009	19.08.2009	11	70.11
154	181	20.02.2009	19.03.2009	6	70.06	28	335	365	20.08.2009	19.09.2009	12	70.12
Итого за 70-й год, дней												365

Например, 1-й условный месяц включает реальные дни: от 20 сентября по 19 октября 2008 г., 2-й условный месяц - от 20 октября по 19 ноября 2008 г., и так далее. 12-й условный месяц включает реальные дни: от 20 августа по 19 сентября 2009 г.

Спрашивается, ну, и какую закономерность можно найти из такой «мешанины» дней всех 12 месяцев 70-го года?

Если выявится какая-то закономерность в первом месяце (да, именно, если выявится, а это еще не факт), то можно ли ожидать повторение полученной закономерности во втором и в других месяцах? Для этого должна существовать какая-то общеприродная закономерность, которая может проявить себя, в том числе, например, и при анализе артериального давления.

Несмотря на сказанное, тем не менее, теоретические предпосылки по данному вопросу имеются. А именно: годовой цикл вращения Земли вокруг Солнца, сезонные изменения климата в умеренных (в неполярных и не в тропико-экваториальных) широтах. Возможно, указанные явления проявляются также и в годовых циклах изменения артериального давления?

Принятое допущение. Биологическая активность человека носит циклический характер с периодом, равным 1 году, и «привязанным» ко дню рождения.

Поставлена задача: выяснить, как изменяется артериальное давление в течение каждого дня (с 1-го по 31-е число) месяцев, составленных вышеуказанным образом.

Методику исследования покажем на примере систолического давления, а затем распространим полученный опыт на диастолическое давление. Исходными данными для анализа служат экспериментальные значения систолического и диастолического давлений.

В табл. 2 (в качестве примера) приведены значения систолического давления (верхняя половина) и диастолического давления (нижняя половина) для 1-го месяца 70-го года.

Анализируя структуру табл. 2, видно, что значения артериального давления регистрируются в период активного времени суток: с 5 ч утра по 23 ч (поздно вечером). По каждому анализируемому часу

определяют средние значения (суммируя по столбцам); таким образом, мы можем проследить за изменением давления на протяжении активного времени суток в течение месяца. Из этой же табл. 2 следует, что можно проводить анализ по каждому числу месяца (суммируя по строкам). Результаты анализов по времени суток и по числам месяца будут приведены ниже.

Использование величины достоверности аппроксимации R^2 в качестве инструмента анализа. При регрессионном анализе определяется аналитическая (в виде уравнения) зависимость между выходными и входными величинами. Общее качество уравнения регрессии оценивается с помощью величины достоверности аппроксимации R^2 , где R – коэффициент множественной корреляции.

Для практического применения величины R^2 при регрессионном анализе, так же, как и для оценки величины корреляции, используют шкалу Чеддока [3] и рекомендации по оценке результатов корреляционного анализа.

Как известно, величина достоверности аппроксимации R^2 изменяется в пределах от нуля до единицы. При этом можно выделить три характерных группы.

1-я группа. $0 < R^2 \leq 0,05$. *Нулевая достоверность.* Анализируемые параметры являются независимыми величинами.

2-я группа. $R^2 > 0,3$. *Значащая достоверность.* Между анализируемыми параметрами существует математически подтвержденная стохастическая зависимость, которую можно (в ряде случаев – нужно) учитывать.

3-я группа. $0,05 < R^2 \leq 0,3$. *Сигнальная достоверность.* Эта группа является сигнальной (промежуточной между 1-й и 2-й группами).

Замечание. С одной стороны, анализируемые параметры 3-й группы не являются независимыми величинами. С другой стороны, стохастическая зависимость проявляется в малой степени и в большинстве случаев в расчет может не приниматься. Такая достоверность сигнализирует (обращает внимание исследователя) о возможности продолжении анализа.

Однако, следует иметь в виду, что даже такая небольшая теснота стохастической связи может свидетельствовать о том, что данной проблемой, возможно, следует заниматься. При постановке новых экспериментов, при большем объеме анализируемых случаев, могут выявляться новые закономерности, которые пока еще не проявились в достаточной степени очевидно.

Так что, закономерности, относящиеся к 3-й группе, также являются полезными как первый, слабый еще сигнал, свидетельствующий о, возможно, важной проблеме. Пренебрегать такими слабыми стохастическими связями было бы опрометчиво.

Таблица 2

Экспериментальные значения систолического и диастолического давлений 1-го месяца 70-го года

						Приложение А: А01 – А12													Приложение А01					
				Давления систолическое dv и диастолическое dn. Месяц 70.01.																				
Часы/ № дня	dv - давление систолическое (SYS), «верхнее»																							
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23					
1																								
2							115		121					113	123					112	92			
3				140			108						108	94	112	117	131				112			
4				147		116								110	114	125	97			127	110			
5		133					126			160					122					130	111			
6		140				139									111					120	121			
7		140						124							117	116					107			
8					113	112						131	146	120	116					125	120			
9		148																		125	120			
10					158	137								158	121	118	132	161		102	129			
11					154			144							121	120		117	99		106			
12		123				132		103		107					139	119	113							
13		118											103		114	123	133			124	125			
14			128				133		116						108	118	124	118		103	110			
15					134					118	106	106	133	129	119	120	144	120	126	134	114			
16				157																				
17			135		110									121	107	103	112	123	106	116	121			
18				151			115							107	111	102	107	114		106				
19		122								135	125		107	100	107	144	139			104				
20		137											146		128		111				122			
21				158						134	118	103	113											
22																								
23																								
24					143		120								147	143		116						
25		161		118																				
26			145			147							162	151	140	142					145			
27	150					148	161							139	148	129	139				121			
28			145			148			110		93	102	117	114	113	101	113	116	116					
29				129		117			113	116	130	137	109	106	105	128		141	125	147				
30			148								103	101	108	111	121				116	103	106			
Часы/ № дня	dn - давление диастолическое (DIA), «нижнее»																							
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23					
1																								
2							76		75					73	76					74	63			
3				80			75						70	62	64	76	78				67			
4				83		70								66	61	60	65			73	63			
5		77					73			90					77					69	69			
6		77				77									73					70	62			
7		82						81							78	74					63			
8					79	72					69	69	76	77						69	67			
9		85																		63	70			
10				89	76								84	73	72	77	86			67	72			
11				84			82							77	63		72	66			67			
12		80				76		68		66					82	63	70							
13		71											72		70	72	71			76	67			
14			79			81		72						65	69	65	77			67	67			
15					80					63	65	66	79	73	70	67	80	73	70	78				
16				84																	70			
17			82		67								71	67	65	74	75	66	69	70				
18				84			76							76	75	75	69	73			60			
19		73							76	80		66	62	73	87	85			67					
20		82										86		78		74					65			
21				87					70	65	66	63												
22																								
23																								
24				84		76								87	72		73							
25		99		79																				
26			87			86							94	79	77	78					77			
27	90					85	87							84	74	71	81				76			
28			89			88			67		65	62	78	72	76	72	73	68						
29				80		76			72	75	74	75	65	69	69	79		82	73	79				
30			87								63	61	65	73	76				76	67	71			

Пример использования величины достоверности аппроксимации R^2 при нулевой достоверности.

Используя генератор случайных чисел, создадим две группы независимых случайных величин x и y , размещенных в табл. 3.

Таблица 3

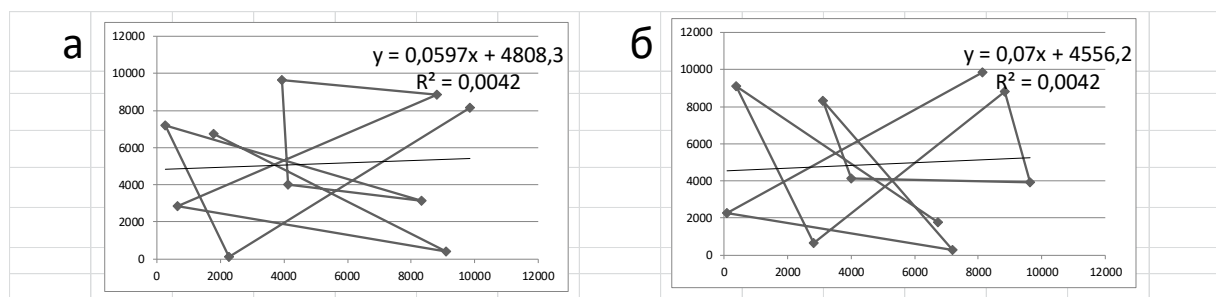
Две серии независимых случайных величин, $y = f(x)$											
№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
x	9851	2269	271	8334	4121	3934	8808	656	9106	1783	
y	8141	99	7187	3123	4018	9643	8844	2834	395	6735	

Поменяем местами числа, принадлежащие к рядам x и y ; поместим эти числа в табл. 4.

Таблица 4

Две серии независимых случайных величин, $x = f(y)$											
№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
x	8141	99	7187	3123	4018	9643	8844	2834	395	6735	
y	9851	2269	271	8334	4121	3934	8808	656	9106	1783	

Создадим диаграммы $y = f(x)$ и $x = f(y)$. Эти диаграммы помещены на рис. 1: $y = f(x)$ – левая диаграмма (а), $x = f(y)$ – правая диаграмма (б).

Рис. 1. Диаграммы зависимости случайных чисел: а) $y = f(x)$; б) $x = f(y)$

Анализ рис. 1 показывает, что диаграммы $y = f(x)$ и $x = f(y)$ являются совершенно разными (различные уравнения регрессии). В то же время величина достоверности аппроксимации остается постоянной (так как применена линейная аппроксимация): $(R^2 = 0,0042) < [R^2 \leq 0,05]$. Следовательно, величины x и y являются независимыми.

Пример использования величины достоверности аппроксимации R^2 при сигнальной достоверности. С помощью генератора случайных величин создали две серии переменных (табл. 5). При этом, заранее известно, что все значения одной серии (y) больше любых значений другой серии (x).

Таблица 5

Две серии независимых случайных величин																			
x	1263	1035	1512	1793	1798	1089	1801	1435	1229	1288	1577	1214	1608	1783	1628	1154	1297	1168	1687
y	4252	4415	4801	4991	4262	4260	4858	4819	4829	4052	4361	4182	4836	4728	4831	4373	4054	4903	4453

Графическое представление серий случайных величин показано на рис. 2.

Установлены корреляционные зависимости величин $y = f(x)$ и $x = f(y)$. Графическое представление полученных диаграмм изображено на рис. 3 (а и б соответственно). При применении линейной аппроксимации форма диаграмм различна; уравнения регрессии также отличаются между собой. В то же время, линии тренда

совершенно одинаковы; одинакова также величина достоверности аппроксимации $R^2 = 0,156$. Эта величина находится в диапазоне: $0,05 < (R^2 = 0,156) < [R^2 \leq 0,3]$, то есть это случай сигнальной достоверности.

Пример использования величины достоверности аппроксимации R^2 при значащей достоверности. Рассмотрим случай изменения артериального давления в течение суток (с 5 часов

утра до 23 часов ночи) по всему году в целом. Исходные данные для анализа – экспериментальные значения систолического и диастолического давлений для всех месяцев 70-го года (пример подобных данных, для 1-го месяца, приведен в табл.

2). Анализ проводится в последовательности, приведенной ниже.

Определяем средние значения систолического давления по всем месяца года. В качестве примера, в табл. 6 приведены значения давления для 1-го месяца.

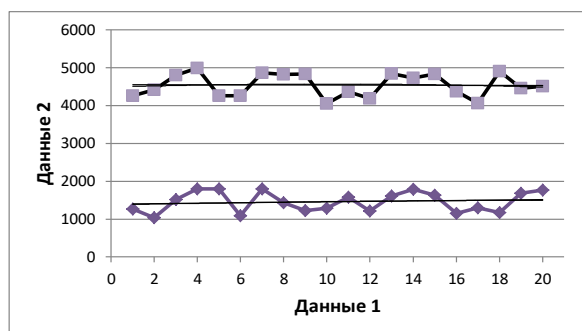


Рис. 2. Графическое представление двух серий данных: у (вверху) и х (внизу)

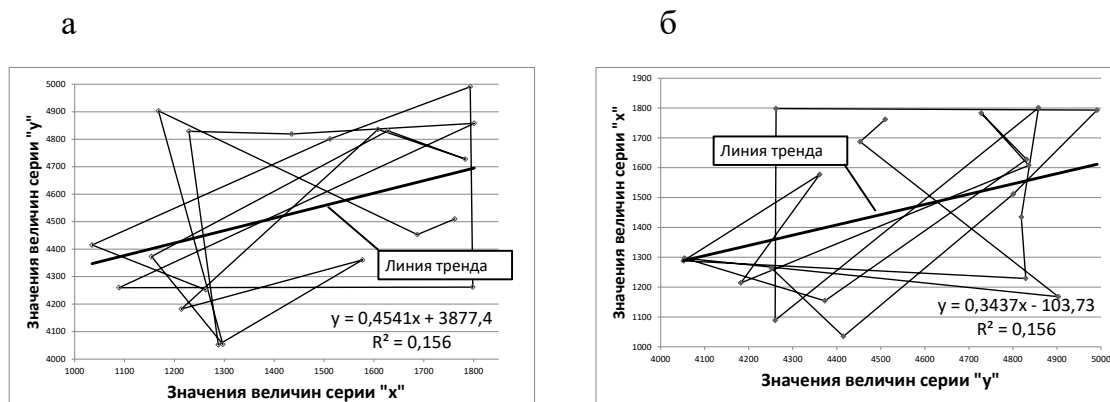


Рис. 3. Диаграммы корреляционной зависимости значений величин «х» и «у»: а) $y = f(x)$; б) $x = f(y)$

Таблица 6

Средние значения систолического давления, мм рт. столба, в течение времени суток по месяцу 70.01

Месяц 70.01	Часы суток																		
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
	150,0	135,8	140,2	145,5	123,5	131,2	128,2	114,3	121,8	119,3	110,7	126,5	117,8	120,1	121,9	123,6	115,6	115,3	118,7

Аналогичным образом поступаем по всем месяцам года. Полученные данные помещены в табл. 7.

Таблица 7

Средние значения систолического давления, мм рт. ст., в течение времени суток по каждому месяцу и по 70-му году в целом

Месяц	Часы суток																		
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
70.01	150,0	135,8	140,2	145,5	123,5	131,2	128,2	114,3	121,8	119,3	110,7	126,5	117,8	120,1	121,9	123,6	115,6	115,3	118,7
70.02		142,4	146,0	149,3	129,0	131,3	126,5	114,0	114,5	121,5	124,6	125,8	130,7	126,3	132,4	123,1	125,0	124,2	120,0
70.03		147,4	146,7	153,0	128,2	119,8	119,0	112,0	112,5	109,7	126,2	126,6	125,9	126,8	130,0	131,9	130,0	126,8	121,1
70.04		126,7	125,7	130,9	118,7	117,5	100,5	113,5	118,5	125,0	120,3	129,2	122,6	126,2	129,2	129,3	127,5	116,5	112,7
70.05	117,0	125,0	129,0	135,9	138,3	123,5	127,0	127,8	127,3	144,5	143,4	130,9	135,7	138,1	139,2	136,2	138,7	126,1	121,2
70.06		118,2	127,0	128,2	109,0	110,0			122,3	128,4	136,9	130,8	125,1	132,9	138,1	132,3	119,3	118,1	119,8
70.07	122,0	129,7	131,6	132,2	109,8	117,0	99,4	110,8	123,0	128,1	116,3	131,0	134,8	130,5	135,3	126,4	123,7	115,9	114,7
70.08		129,7	126,2	123,4	121,7	107,0	103,7	123,3	125,5	124,0	106,0		133,3	131,1	134,8	125,7	122,9	120,3	116,7
70.09	125,0	130,0	120,3	118,2	99,8	96,7		104,0	90,7	105,7	121,0	105,3	113,7	120,9	125,9	123,5	116,2	114,8	109,6
70.10		119,8	115,0	119,6	105,8	96,6	108,0		121,0	104,0		107,0	111,0	117,0	114,0	119,3	98,0	102,8	109,4
70.11			141,0	125,3		106,0	88,0									112,0		106,0	105,5
70.12	122,0	126,0	117,6	120,9	110,3	102,8	104,7	122,7	104,0	141,0	124,5	132,5	118,0	129,0	116,7	124,3	110,8	104,3	105,1
по 70-му году	127,2	130,0	130,5	131,9	117,6	113,3	110,5	115,8	116,5	122,8	123,0	124,5	124,4	127,2	128,9	125,6	120,7	115,9	114,5

Используя вышеприведенную методику, определяем соответствующие значения диастолического давления, размещенные в табл. 8.

Таблица 8

Средние значения диастолического давления, мм рт. ст., в течение времени суток по каждому месяцу и по 70-му году в целом

Месяц	Часы суток																		
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
70.01	90,0	80,7	84,8	83,4	75,5	78,7	78,2	73,7	70,5	72,0	66,8	73,5	73,0	72,1	72,1	75,4	72,7	69,5	68,7
70.02		84,0	83,7	82,4	79,0	78,7	75,3	72,3	71,5	70,0	73,7	74,0	73,3	72,9	76,1	74,3	73,8	73,4	70,7
70.03		85,5	85,3	85,2	79,2	78,0	73,7	72,5	68,0	73,3	74,6	76,5	75,6	77,2	78,3	78,5	78,5	76,3	72,6
70.04		76,0	72,6	75,9	70,5	70,0	69,5	67,3	69,5	76,2	71,6	74,1	69,5	71,1	70,6	74,4	70,8	64,4	59,8
70.05	66,0	74,9	74,4	77,9	76,3	71,4	71,4	70,1	73,8	86,0	81,8	72,3	75,7	77,1	77,2	77,6	75,6	70,8	65,9
70.06		72,2	74,6	75,3	68,6	66,0			70,5	75,9	79,5	77,6	72,9	75,2	75,9	73,7	69,9	69,7	67,2
70.07	70,5	74,8	76,4	75,7	66,8	73,0	66,6	65,8	70,8	72,0	70,1	75,6	75,1	74,5	76,9	72,1	68,6	65,2	63,0
70.08		73,7	73,4	73,4	67,3	69,0	65,3	67,7	71,0	69,0	66,0		72,3	77,5	76,1	72,1	68,8	66,8	62,5
70.09	76,0	74,8	69,3	69,6	63,8	63,0		62,5	62,7	65,3	70,0	67,0	68,3	71,4	73,8	70,9	66,2	64,0	58,9
70.10		68,5	69,4	67,4	68,2	62,2	65,0		64,0	62,0		64,0	63,0	71,0	76,0	69,0	54,0	59,4	60,8
70.11			78,0	69,3		67,0	61,0									68,0		66,0	61,0
70.12	68,0	73,0	68,4	71,9	67,4	65,8	65,0	69,3	63,5	76,7	71,5	70,5	69,0	67,0	70,3	72,7	68,2	58,7	57,8
По 70-му году	74,1	76,2	75,8	75,6	71,1	70,2	69,1	69,0	68,7	72,6	72,6	72,5	71,6	73,4	74,8	73,2	69,7	67,0	64,1

Для последующего анализа, в качестве исходных данных, примем пары значений систолического и диастолического давлений из таблиц 7 и 8 для всего периода наблюдений времени суток. Всего анализируется 19 пар значений артериального давления ($n = 19$); эти значения представлены в табл. 9.

Таблица 9

Исходные данные для анализа зависимости систолического dv давления от диастолического dn на протяжении активных часов суток

Давление	Часы суток																		
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
$dv (x_i)$	127,2	130,0	130,5	131,9	117,6	113,3	110,5	115,8	116,5	122,8	123,0	124,5	124,4	127,2	128,9	125,6	120,7	115,9	114,5
$dn (y_i)$	74,1	76,2	75,8	75,6	71,1	70,2	69,1	69,0	68,7	72,6	72,6	72,5	71,6	73,4	74,8	73,2	69,7	67,0	64,1

На основании данных, размещенных в табл. 9, построена диаграмма, приведенная на рис. 4.

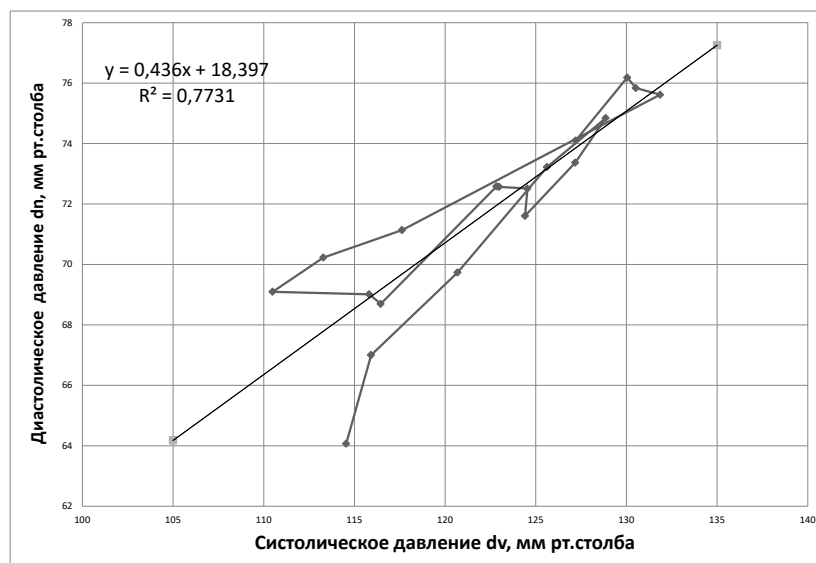


Рис. 4. Зависимость диастолического давления dn от систолического dv .
Линейная аппроксимация

Поменяем местами фактор и функцию, то есть найдем зависимость систолического dv давления от диастолического dn . Полученная диаграмма представлена на рис. 5.

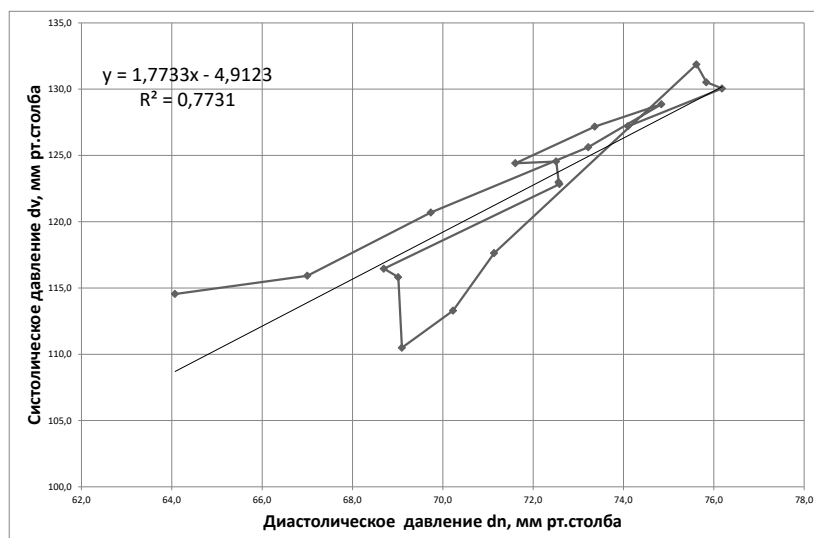


Рис. 5. Зависимость систолического dv давления от диастолического dn . Линейная аппроксимация

Сравнивая диаграммы рисунков 4 и 5, отмечаем, что уравнения регрессии и форма диаграмм различны, а величина достоверности аппроксимации остается неизменной: $R^2 = 0,7731$.

Кроме линейной, при необходимости, выполняется нелинейная аппроксимация. Графическое представление взаимосвязи двух видов артериального давления при полиномиальной (степень 2) аппроксимации той же диаграммы (которая изображена на рис. 5) представлено на диаграмме рис. 6.

На рис. 6 приведено уравнение регрессии, а также величина достоверности аппроксимации $R^2 =$

0,8465. Это значение больше соответствующего значения при линейной аппроксимации ($R^2 = 0,7731$). Следовательно, нелинейная аппроксимация, в данном случае, точнее выражает взаимосвязь двух анализируемых давлений. Таким образом, величина достоверности аппроксимации R^2 корректно отображает взаимосвязь анализируемых величин при значащей ($R^2 > 0,3$) достоверности.

Подытоживая, заключаем, что величина достоверности аппроксимации R^2 корректно отображает взаимосвязь анализируемых величин при всех видах (нулевой, сигнальной и значащей) достоверности.

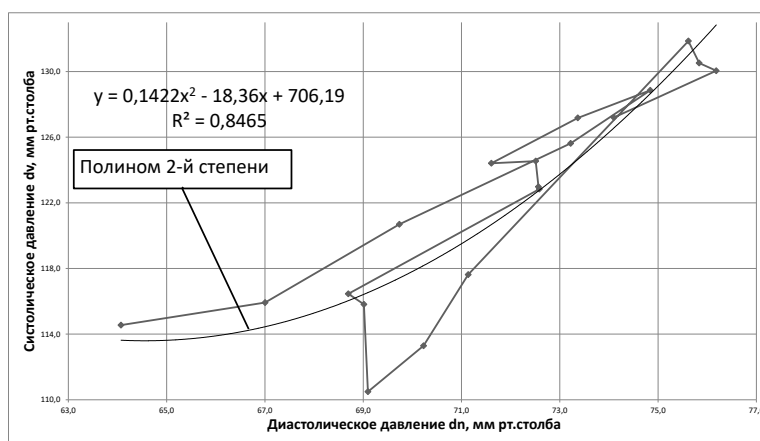


Рис. 6. Зависимость систолического давления dv от диастолического dn . Аппроксимация – полином 2-й степени

Изменение артериального давления по числам месяца. Исходными данными для анализа служат экспериментальные значения систолического и диастолического давлений по всем месяцам условного года (пример подобной таблицы приведен в табл. 2).

Вначале выполним анализ исходных экспериментальных данных для систолического

давления, а затем повторим подобные действия и для диастолического давления. Полученные данные по систолическому давлению представлены в табл. 10. В крайнем правом столбце таблицы приведены усредненные значения давления по каждому числу месяца.

Таблица 10

**Средние значения систолического
давления, мм рт. ст., для всех дней каждого месяца и по году в целом**

Число месяца	Месяц 70-го года												По 70- му году
	70.01	70.02	70.03	70.04	70.05	70.06	70.07	70.08	70.09	70.10	70.11	70.12	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1		115,1	134,5	116,7	130,3	115,0	128,6	126,8	115,8	110,2			121,4
2	112,7	120,3	144,0	120,7	129,7	123,0	112,5	134,3	115,0	117,5			123,0
3	115,3	152,0	126,5	125,9	134,1	125,3	113,3	113,6	115,3	109,5			123,1
4	118,3	137,0	115,5	117,1	122,0	125,5	121,8	136,0		114,0			123,0
5	130,3	120,5	127,7	115,6	126,2	142,2	114,0	146,0		112,0		104,3	123,9
6	126,2	108,0	122,5	125,6	123,0	123,6	112,0		111,0	109,3		102,4	116,4
7	120,8	136,5	120,0	122,8	120,7	140,5	109,0		123,6	120,0		101,5	121,5
8	122,9	139,5	119,0	116,2	114,0	127,3	117,8	111,0	137,5			105,0	121,0
9	126,3	141,8	128,3	123,3	122,1	119,0	126,0	121,0	118,8		103,5	109,7	121,8
10	135,1	127,4	124,5	124,8	128,5	122,3	117,0	127,0	117,8	107,0	110,0	89,0	119,2
11	123,0		142,0	132,0	127,9	123,9	134,5	113,3	104,5	118,8	110,0	97,5	120,7
12	119,4		124,7	131,0	117,0	120,9	142,2	117,5	116,1	100,0	141,0	108,6	121,7
13	120,0		127,4		118,0	135,8	126,3		116,2	108,5	132,0	109,0	121,5
14	117,6		135,4		117,2	125,6	116,0		119,5	114,5		114,8	120,1
15	124,1		122,0		144,5	131,1	126,5		110,0	139,0		113,3	126,3
16	135,5		144,0		125,7	133,0	129,2	123,0	114,5			116,0	127,6
17	115,4		112,0		131,2		114,5	125,5	125,0				120,6
18	114,1		128,0		133,4	107,0	137,0	129,3				114,0	123,3
19	120,3	134,7	132,7	124,6	143,3	125,6	133,8	116,5				122,0	128,2
20	128,8	129,5	134,6	140,7	139,2	122,3	118,8	131,0	113,3	107,7			126,6
21	125,2	136,8	131,7	131,3	142,7	124,2	141,7		124,0	115,5		111,7	128,5
22		130,1	148,7	134,1	143,9	113,9	128,0	117,8	125,0			118,0	128,8
23		139,9	124,8	109,6	146,8	109,8		123,9	119,0	92,5		118,9	120,6
24	133,8	136,7	126,8	142,2	123,2	123,8	134,1	132,0	113,8	99,7		116,3	125,7
25	139,5	125,9	126,2	121,5	130,9	129,8	135,0	126,1	105,0	108,7		135,0	125,8
26	147,4	116,3	131,5	117,5	127,0	133,2	127,0	118,6	100,6	106,0		124,3	122,7
27	141,9	120,9	127,0	128,9	129,7	135,6	114,0	113,5	109,0	107,0		128,0	123,2
28	115,6	131,0	133,0	115,0	138,7	125,0	132,3	127,0	109,0	114,0		118,0	123,5
29	123,3	126,1	133,7		140,4		111,8	126,0	125,0			149,3	129,5
30	113,0	134,8	137,4	117,0	124,3		127,5	124,0	117,0			141,0	126,2
31		143,4		123,6	127,2		121,7		113,3			122,0	125,2

Для более углубленного анализа полученных результатов используем величину достоверности аппроксимации R^2 .

Используя результирующие данные по всему году (см. столбец 14 табл. 10), найдем значения величины достоверности аппроксимации R^2 для наиболее часто используемых законов аппроксимации: линейному, экспоненциальному, логарифмическому, полиномиальному (2-й степени) и степенному. Результаты анализа приведены на рис. 7.

Получены следующие значения величины достоверности аппроксимации R^2 по различным законам: линейному – 0,2757, экспоненциальному – 0,2753, логарифмическому – 0,1871, полиномиальному (2-й степени) – 0,2765, степенному – 0,1857.

При аппроксимации по законам линейному, экспоненциальному и полиномиальному (2-й степени) величина R^2 составила 0,275...0,276. Эти значения относятся к группе сигнальной достоверности и близки к величине $R^2 = 0,3$, когда величина аппроксимации, в ряде случаев, уже может считаться значащей в той или иной степени.

Полученный результат, безусловно, превышает значение $[R^2 = 0,05]$, ниже которого анализируемые параметры являются независимыми. Следовательно, в данном случае можно предполагать наличие определенной закономерности изменения систолического давления по дням месяца. Полученный результат является основанием для продолжения изучения распределений по месяцам «70-го» года.

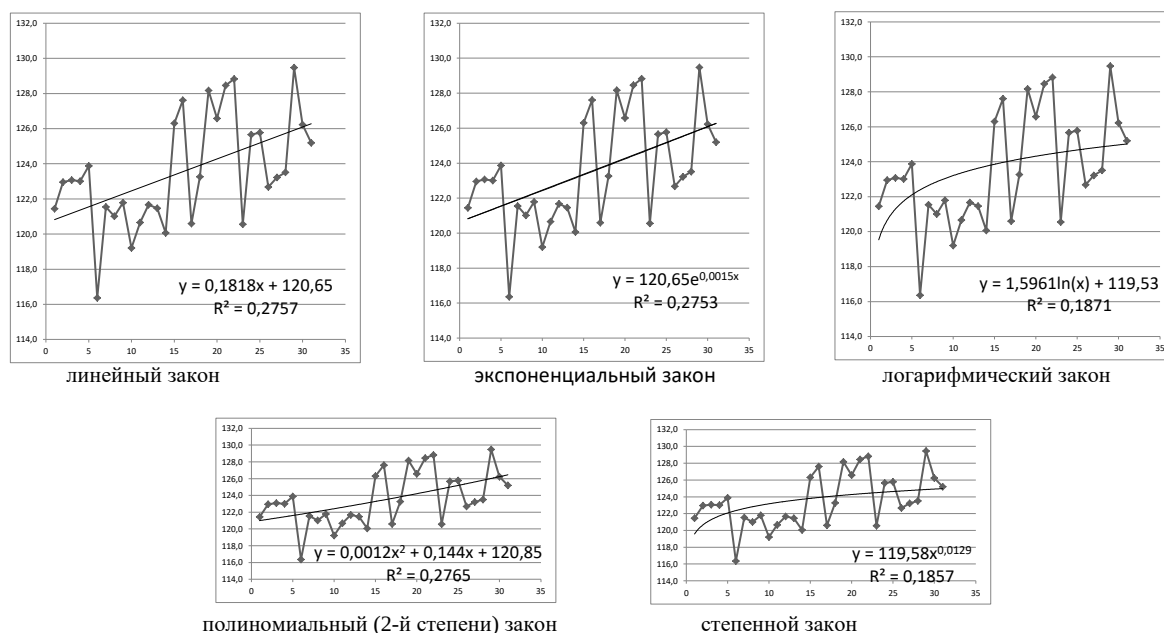


Рис. 7. Применение различных законов аппроксимации, систолическое давление, 70-й год в целом

На рис. 8 представлены диаграммы изменения систолического давления по отдельным месяцам «70-го» года с указанием аппроксимационных характеристик.

Были проанализированы также диаграммы изменения диастолического давления в течение «70-го» года, в целом и по отдельным месяцам этого же года. Полученные результаты (по обоим видам давления) представлены в табл. 11.

По каждому месяцу «70-го» года (см. табл. 11) определены значения величины R^2 при аппроксимации по законам: линейному и полиномом 2-й степени. В пределах одного вида давления (систолического или диастолического) для всех месяцев (без исключения) величина R^2 при

аппроксимации полиномом оказывается больше, чем при линейной аппроксимации.

Помимо собственно значения величины R^2 , важен также и знак аппроксимации (плюс - минус), который определяется по уравнению регрессии. При линейной аппроксимации учитывается знак коэффициента при «x», который показывает направление изменения давления: положительный (в табл. 11 обозначено «пол.») или отрицательный - в таблице обозначено («отр.»).

При аппроксимации полиномом 2-й степени учитывается знак коэффициента при « x^2 ». Знак аппроксимационной линии для полинома проявляется в форме кривой: горбообразная (в табл. 11 обозначено «горб»), или седлообразная (в табл. 11 обозначено «седло»).

Таблица 11

Аппроксимация (величина достоверности R^2) распределений систолического и диастолического давлений по месяцам «70-го» года

Месяц	Систолическое давление				Диастолическое давление			
	Линейная	Направление	Полином	Направление	Линейная	Направление	Полином	Направление
1	2	3	4	5	6	7	8	9
70.01	0,0926	пол.	0,1085	горб	0,1875	пол.	0,1875	седло
70.02	<0,05	*	<0,05	*	<0,05	*	<0,05	*
70.03	<0,05	*	<0,05	*	0,1659	пол.	0,1803	седло
70.04	<0,05	*	0,2251	горб	<0,05	*	<0,05	*
70.05	0,141	пол.	0,1445	горб	0,1601	пол.	0,1986	седло
70.06	<0,05	*	<0,05	*	0,2274	отр.	0,2931	седло
70.07	0,0942	пол.	0,2047	горб	0,1076	пол.	0,223	горб
70.08	<0,05	*	0,0707	седло	0,1412	отр.	0,1864	седло
70.09	<0,05	*	0,0523	горб	<0,05	*	<0,05	*
70.10	0,0748	отр.	0,098	горб	<0,05	*	<0,05	*
70.11	недостаточно данных				недостаточно данных			
70.12	0,6784	пол.	0,6788	седло	0,6535	пол.	0,6694	седло
По 70-му году	0,2757	пол.	0,2765	седло	0,101	пол.	0,1813	седло

Примечание к табл. 11. При $R^2 \leq 0,05$ (обозначено звездочкой *) направление линии регрессии не определялось.

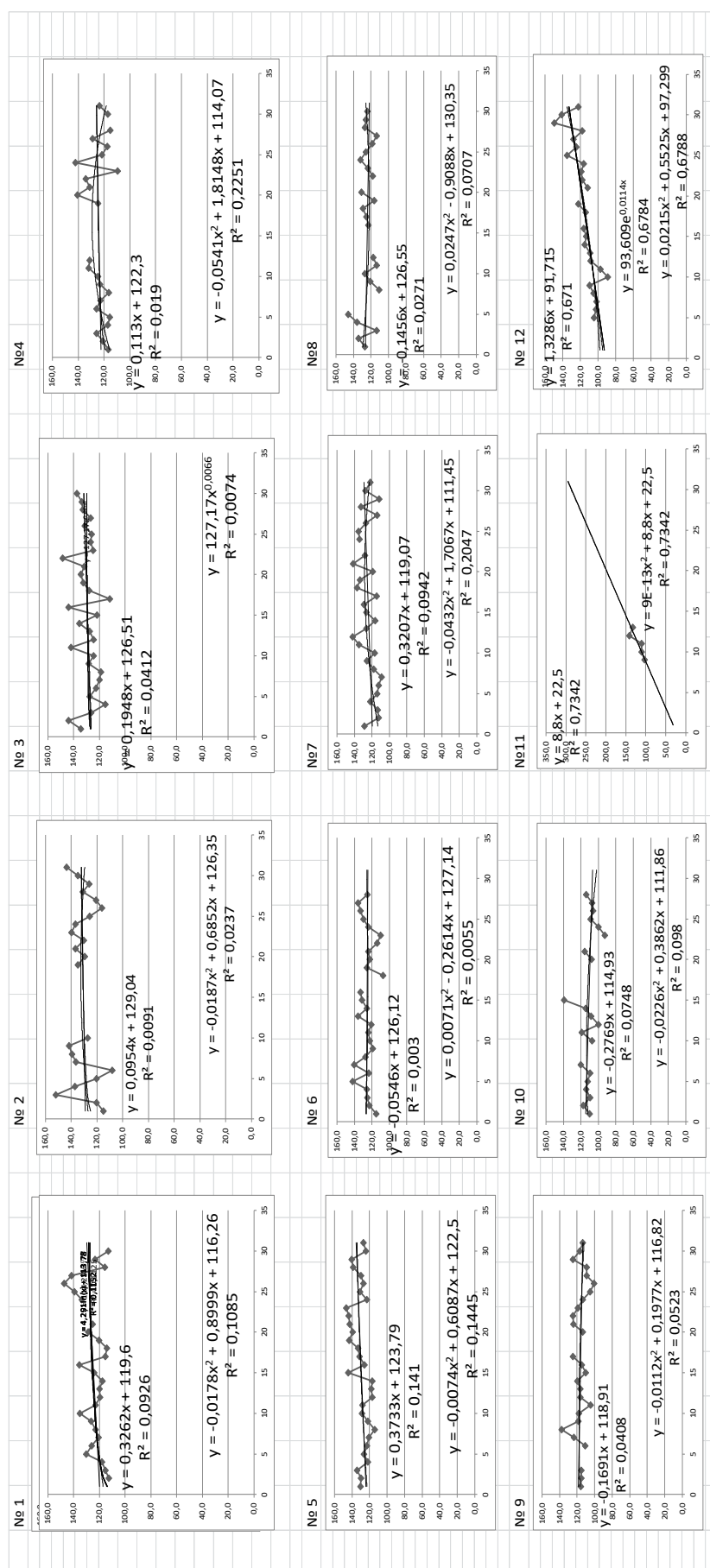


Рис. 8. Диаграммы изменения систолического давления по месяцам года с указанием аппроксимационных характеристик

Анализ знака аппроксимационной линии показывает следующее. Как для систолического, так и для диастолического давлений для наиболее значимого месяца 70.12 и по «70-му» году в целом установлено: положительное направление (линия направлена снизу вверх) при линейной аппроксимации и седлообразную форму аппроксимационной линии (крайние значения линии больше срединных) при аппроксимации полиномом 2-й степени.

Оценка величины достоверности R^2 в условных баллах. Величина достоверности R^2

распределений систолического и диастолического давлений по месяцам года приведена в табл. 11. Анализ данных, представленных в этой таблице, показывает, что значения R^2 значительно различаются для систолического и диастолического давлений. Но как можно объективно (математически) оценить это различие? Для решения этой задачи предлагается оценивать значения R^2 в баллах.

Примем следующее ранжирование значения R^2 , приведенное в табл. 12.

Таблица 12

Ранжирование (в баллах) величины достоверности R^2

R2	Балл	R2	Балл	R2	Балл	R2	Балл	R2	Балл
$0,05 < R^2 \leq 0,1$	1	$0,1 < R^2 \leq 0,2$	2	$0,2 < R^2 \leq 0,3$	3	$0,3 < R^2 \leq 0,4$	4	$0,4 < R^2 \leq 0,5$	5
$0,5 < R^2 \leq 0,6$	6	$0,6 < R^2 \leq 0,7$	7	$0,7 < R^2 \leq 0,8$	8	$0,8 < R^2 \leq 0,9$	9	$0,9 < R^2 < 1$	10

Используя сведения, помещенные в таб. 12, в табл. 13 представлены значения величин достоверности R^2 (табл. 11), выраженные в баллах.

Таблица 13

Аппроксимация (величина R^2) распределений систолического и диастолического давлений по месяцам «70-го» года, выраженная в баллах

Месяц	Систолическое давление				Диастолическое давление			
	Линейная	Баллы	Полином	Баллы	Линейная	Баллы	Полином	Баллы
1	2	3	4	5	6	7	8	9
70.01	0,0926	1	0,1085	2	0,1875	2	0,1875	2
70.02	<0,05		<0,05		<0,05		<0,05	
70.03	<0,05		<0,05		0,1659	2	0,1803	2
70.04	<0,05		0,2251	3	<0,05		<0,05	
70.05	0,141	2	0,1445	2	0,1601	2	0,1986	2
70.06	<0,05		<0,05		0,2274	3	0,2931	3
70.07	0,0942	1	0,2047	3	0,1076	2	0,223	3
70.08	<0,05		0,0707	1	0,1412	2	0,1864	2
70.09	<0,05		0,0523	1	<0,05		<0,05	
70.10	0,0748	1	0,098	1	<0,05		<0,05	
70.11	недостаточно данных				недостаточно данных			
70.12	0,6784	7	0,6788	7	0,6535	7	0,6694	7
	Σ	12		20		20		21
По 70-му году	0,2757	3	0,2765	3	0,101	2	0,1813	2

Подсчитаем количество баллов, соответствующих значениям систолического и диастолического давлений по 70-му году в целом (табл. 13).

1) При оценке года в целом (см. последнюю строку таблицы) получаем следующее.

Систолическое давление dv , $3 + 3 = 6$ баллов.

Диастолическое давление dn , $2 + 2 = 4$ балла.

Итого, по 70-му году в целом получаем $6 + 4 = 10$ баллов.

Получается, что систолическое давление проявляет себя более активно, то есть является ведущим фактором, а диастолическое давление – вторично.

2) Иная картина получается, если анализировать значения (баллы) давлений по каждому месяцу изучаемого года. В этом случае получим следующие значения:

систолическое давление dv , $12 + 20 = 32$ балла;

диастолическое давление dn , $20 + 21 = 41$ балл.

Следовательно, ведущим является диастолическое давление: $41 > 32$, и оно больше систолического в $\epsilon = (dn = 41) / (dv = 32) = 1,28$ раза.

Причина несоответствия значений R^2 (баллов) в целом по году и по отдельным месяцам заключается в неравномерном проявлении активности анализируемых видов давления для различных месяцев года.

Суммарное значение баллов (В) обоих видов давления, определенных по всем месяцам 70-го года, составит $V_{70} = 32 + 41 = 73$ балла.

Итого, 70-й год (суммарно в целом и по месяцам) оценивается в $(10 + 73) 83$ балла.

Используя сведения, находящиеся в табл. 13, произведено графическое интерпретирование полученных результатов, которое представлено на рис. 9. Полужирным шрифтом выделены номера активных месяцев ($R^2 > 0,05$).

а	Месяц	1 (3)	2	3	4 (3)	5 (4)	6
	70-го года	12 (14)	11	10 (2)	9 (1)	8 (1)	7 (4)
б	Месяц	1 (4)	2	3 (4)	4	5 (4)	6 (6)
	70-го года	12 (14)	11	10	9	8 (4)	7 (5)

Рис. 9. Схематическое представление месяцев «70-го» года со значимыми величинами R^2 .

Давление: а – систолическое, б – диастолическое

Например, для систолического давления (см. рис. 9а) символика «1 (3)» означает, что активным является месяц № 1 (то есть, № 70.01); в скобках (3) указано количество баллов, соответствующее данному месяцу. При этом, по каждому виду давления суммируются баллы, относящиеся к обоим видам аппроксимации. Например (см. табл. 13), для месяца 1 (№ 70.01) получаем: 1 (линейная

аппроксимация) + 2 (аппроксимация полиномом 2-й степени) = 3. Аналогично, для диастолического давления (см. табл. 13 и рис. 9б) получаем $2 + 2 = 4$.

Для каждого месяца суммируются баллы для обоих видов давления. Например, суммарно по месяцу № 70.01 имеем: $3 + 4 = 7$. Полученные результаты занесены в табл. 14.

Таблица 14

Активность (информативность) отдельных месяцев 70-го года

Месяц	70.01	70.02	70.03	70.04	70.05	70.06	70.07	70.08	70.09	70.10	70.11	70.12	Итого	B_{cp}
Баллы, B_i	7		4	3	8	6	9	5	1	2		28	73	6,1
B_i/B_{cp}	1,15		0,66	0,49	1,32	1,0	1,48	0,82	0,16	0,33		4,60		

Анализ табл. 14 показал следующее.

Среднее значение баллов по месяцам 70-го году равно $(73/12)$, или $B_{cp} = 6,1$ балла.

Наиболее активным является месяц, непосредственно предшествующий дню рождения человека, у которого анализируется артериальное давление (12-й месяц для 70-го года) – 28 баллов.

В последней строке табл. 14 приведено отношение значения B_i/B_{cp} . Для месяца 70.12, $B_i/B_{cp} = 28 / 6,1 = 4,6$; это наибольший результат. Расположим остальные наиболее активные месяцы (для которых $B_i/B_{cp} \geq 1$) в порядке убывания их активности: №№ 70.07, 70.05, 70.01 и 70.06 (эти месяцы в табл. 14 выделены полужирным шрифтом).

Менее активными являются месяцы 70.03 – 70.04, 70.08 – 70.10; месяцы 70.02 и 70.11 – не активны.

Вывод. Самым активным является месяц 70.12 (последний месяц года перед очередным днем рождения); его активность втрое (и больше) превышает активность любого другого месяца года.

Вторым по значимости активности является группа месяцев 70.05 – 70.07 (отстоят примерно на полгода от дня рождения). Активным является также месяц 70.01 (1-й месяц после дня рождения).

Причины активности указанных месяцев связаны, возможно, с вращением Земли вокруг Солнца и изменением фаз Луны в течение года. Но ответ на этот вопрос может дать только специалист соответствующего профиля.

Предположение. Активность месяцев, расположенных до и после дня рождения, возможно, является одной из причин, объясняющий факт (иногда упоминаемый в литературе), согласно которому смерть человека, чаще всего, приходится именно на указанные месяцы (иногда на недели или даже дни, «окружающие» день рождения).

Общие сведения о биоритмах. Для определения биоритмов используем общепринятую методику (взятую из интернета), например, приведенную в [6]. Графическое изображение биоритмов, применительно к анализируемому индивидууму, приведено на рис. 10.

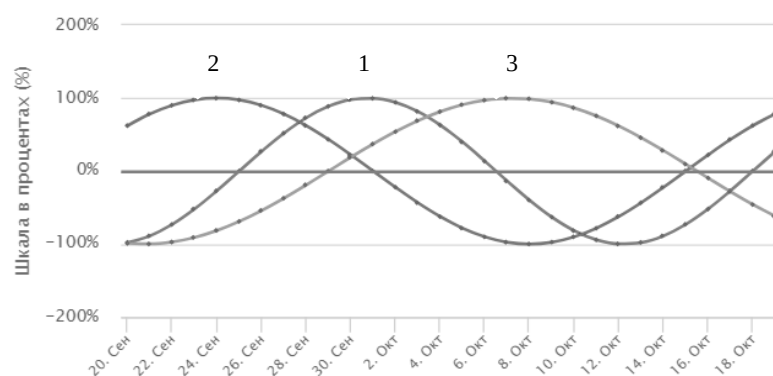


Рис. 10. Графическое изображение биоритмов:

1 – период физической активности (23 суток); 2 – период эмоциональной активности (28 суток); 3 – период интеллектуальной активности (33 суток)

Различают периоды биоритмов: 23 суток – период физической активности; 28 суток – период эмоциональной активности; 33 суток – период интеллектуальной активности.

Принимаем годовой цикл, равный 365 дней. Исходная дата расчета (применительно к 70-му году, дню рождения автора) – 20.09.2008.

Предполагаем, что возможна взаимосвязь параметров активности человека, например, артериального давления, с его биоритмами. Известно, что биоритмы представляют собой синусоиды, то есть имеют возрастающую и убывающую фазы. Необходимо найти периоды, когда биоритмы различного вида проявляются одновременно в каждой из указанных фаз. При этом возможно одновременное воздействие биоритмов: тройное (физическое-эмоциональное-интеллектуальное), двойное трех видов (физическое-эмоциональное, физическое-интеллектуальное, эмоциональное-интеллектуальное) и одинарное (физическое, эмоциональное и интеллектуальное).

Анализ полученных из интернета данных (для анализируемого индивидуума) показал, что с начала

анализируемого года, минимум активности биоритмов (нулевая точка) приходится: для физических биоритмов – на 0,5 суток (то есть, на 12 ч дня, считая, что сутки начинаются в 00:00 соответствующего дня), для эмоциональных биоритмов – на 19-е сутки и для интеллектуальных биоритмов – на 2-е сутки. После указанных дат начинаются полупериоды возрастающих (активных) фаз биоритмов, которые делятся пополам полных периодов, то есть, 11,5 суток – для физической активности, 14 суток – для эмоциональной активности и 16,5 суток для интеллектуальной активности. После этих полупериодов начинаются полупериоды убывающих (пассивных) фаз, которые сменяются полупериодами возрастающих фаз и так далее.

Чтобы вышесказанное было выражено более наглядно, на рис. 11, в качестве примера, показана методика определения периодов тройного воздействия биоритмов (физических, эмоциональных и интеллектуальных), находящихся как в возрастающей, так и в убывающей фазах. Проанализировано (в примере) 84 дня: три месяца по 28 дней.

0-0,5	0,5-1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	18,5	19	20	21	22	23	23,5	24	25	26	27	28	29	30
	ph	ph	ph	ph	ph	ph	ph	ph	ph	ph	ph	ph														ph	ph	ph	ph	ph	ph	
em	em	em		em	em	em																em	em	em	em	em	em	em	em	em	em	em
			in	in	in			in	in	in	in	in	in	in	in	in	in	in	in	in						em	em	em	em	em	em	em
				ph	ph	ph																										
				em	em	em																										
				in	in	in																										

Рис. 11. Определение периодов тройного воздействия биоритмов: физического, эмоционального и интеллектуального

На рис. 11 активные фазы биоритмов обозначены (на светлом фоне) буквами латинского алфавита: ph (physical, англ.) – для физических биоритмов, em (emotional, англ.) – для эмоциональных биоритмов и in (intellectual, англ.) – для интеллектуальных биоритмов. Пассивные фазы всех трех видов биоритмов выделены одинаковым серым цветом.

В соответствии с вышесказанным, на первую половину первых суток (то есть с 12 ч дня)

анализируемого года, а также на 19-е и на 2-е сутки приходится окончание соответствующих периодов биоритмов (физических, эмоциональных и интеллектуальных), после чего сразу же начитаются полупериоды их возрастания.

Для анализируемого года (365 суток) определено начало и окончание возрастающих и убывающих фаз биоритмов. Полученные данные приведены в табл. 15.

Таблица 15

Интервалы возрастающих и убывающих фаз различных видов биоритмов для всего анализируемого года (365 суток)

Вид биоритмов					
физический		эмоциональный		интеллектуальный	
фаза		фаза		фаза	
возрастающая	убывающая	возрастающая	убывающая	возрастающая	убывающая
0,5...12	13...23,5	1...5	6...19	3...18,5	18,5...35
23,5...35	36...46,5	20...33	34...47	36...51,5	51,5...68
46,5...58	59...69,5	48...61	62...75	69...84,5	84,5...101
69,5...81	82...92,5	76...89	90...103	102...117,5	117,5...134
92,5...104	105...115,5	104...117	118...131	135...150,5	150,5...167
115,5...127	128...138,5	132...145	146...159	168...183,5	183,5...200
138,5...150	151...161,5	160...173	174...187	201...216,5	216,5...233
161,5...173	174...184,5	188...201	202...215	234...249,5	249,5...266
184,5...196	197...207,5	216...229	230...243	267...282,5	282,5...299
207,5...219	220...230,5	244...257	258...271	300...315,5	315,5...332
230,5...242	243...253,5	272...285	286...299	333...348,5	348,5...365
253,5...265	266...276,5	300...313	314...327		
276,5...288	289...299,5	328...341	342...355		
299,5...311	312...322,5	356...(369)			
322,5...334	335...345,5				
345,5...357	358...(368,5)				

Учет тройного воздействия биоритмов.

Определим периоды тройного воздействия биоритмов. Анализ (см. рис. 11) позволил установить, что период тройного воздействия для возрастающей фазы длится в первом месяце (1 – 30 числа) трое суток (3 – 5 суток), во втором месяце (31 – 61 числа) – 4,5 суток (48 – 51,5 суток), в третьем месяце (62 – 91 числа) – 6 суток (76 – 81 сутки). Периоды тройного воздействия биоритмов размещены на рис. 11 отдельно, ниже соответствующих анализируемых месяцев.

Аналогично, определены периоды тройного воздействия для убывающей фазы. Это следующие периоды: одни сутки № 19 для первого анализируемого месяца, и 9 суток (№№ 62 – 68, 90-91) для третьего месяца. Подобным образом, для всего года в целом (365 дней) установлены периоды тройного воздействия биоритмов, находящихся в возрастающей и в убывающей фазах. Периоды тройного воздействия биоритмов для всего года приведены в табл. 16.

Таблица 16

Периоды тройного воздействия биоритмов

Месяц	70.01	70.02	70.03	70.04	70.05	70.06	70.07	70.08	70.09	70.10	70.11	70.12	Σ
m-i	1 30	31-61	62-91	92-122	123-153	154-181	182-212	213-242	243-273	274-303	304-334	335-365	
Возрастающая фаза биоритмов													
№№ суток	3,4,5	48-51,5	76-81	104, 116-117	139-145	168-173		216-216,5		277-282,5; 300-303	304-311, 333-334		
p	3	4,5	6	3	7	6	0	1,5	0	10,5	10	0	51,5
Убывающая фаза биоритмов													
№№ суток	19		62-68, 90- 91	92-92,5	128-131, 151-153	154-159	184-184,5	230-230,5	266	289-299	316-322,5		
n	1	0	9	1,5	7	6	1,5	1,5	1	11	7,5	0	47

Полученные данные относятся к анализируемому году в целом («привязаны» только

к номеру суток года). Раздельно анализируются систолическое и диастолическое давления.

Анализ систолического давления проведем раздельно для возрастающей и убывающей фаз биоритмов.

Ранее (табл. 11) были определены значения величины R^2 достоверности аппроксимации полиномом 2-й степени для каждого месяца 70-го

года. Сопоставим эти данные с периодами тройного воздействия биоритмов (табл. 16) и определим степень взаимодействия между ними.

Последовательность действий, выполняемых при анализе *возрастающей фазы биоритмов*, представлена в табл. 17.

Таблица 17

Анализ тройного воздействия биоритмов, находящихся в возрастающей фазе; систолическое давление

№ п/п	Месяц	70.01	70.02	70.03	70.04	70.05	70.06	70.07	70.08	70.09	70.10	70.11	70.12	Σ
1	m-i	1 30	31-61	62-91	92-122	123-153	154-181	182-212	213-242	243-273	274-303	304-334	335-365	
2	p-i	3,4,5	48-51,5	76-81	104, 116-117	139-145	168-173		216-216,5		277-282,5; 300-303	304-311, 333-334		
3	p	3	4,5	6	3	7	6	0	1,5	0	10,5	10	0	51,5
4	R^2	0,1085	0	0	0,2251	0,1445	0	0,2047	0,0707	0,0523	0,098	0	0,6788	
5	p	0			1,5	3		4,5	6		7	10	10,5	
6	R^2	0,0523	0,2047	0,6788	0,0707	0,1085	0,2251	0	0	0	0,1445	0	0,098	
7	p	0	1,5	3	4,5	6	7	10	10,5					
8	R^2	0,3119	0,0707	0,1668	0	0	0,1445	0	0,098					

В табл.17 приведены следующие данные.

В строках 1 - 4 помещены сведения по каждому из 12-ти месяцев 70-го года.

Строка 1: m_i - дни месяцев (взяты из табл. 1).

Строки 2 и 3: p_i - периоды (строка 2) и p - количество суток тройного воздействия биоритмов (строка 3); заимствованы из табл. 16 для возрастающей фазы.

Строка 4: R^2 - значение величины R^2 принято из табл. 11 (столбец 4).

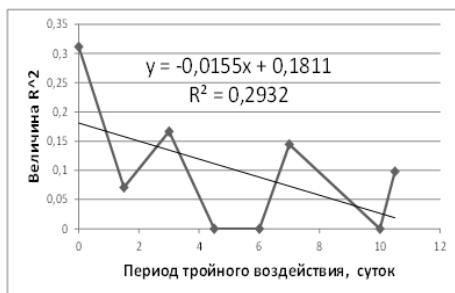
В строках 5 и 6 производится ранжирование (упорядочение) данных по показателю «р», а в строках 7 и 8 для каждого p (строка 7) даны усредненные значения показателя R^2 (строка 8).

По данным, приведенным в строках 7 и 8 табл. 17, произведена аппроксимация (рис. 12): линейная (рис. 12,а) и полиномом 2-й степени (рис. 12б); аппроксимацию по экспоненте; логарифмическую и степенную нельзя выполнить, так как некоторые величины R^2 имеют нулевые значения. Линейная аппроксимация (со значением $R^2=0,2932$) показывает общее снижение величины достоверности аппроксимации при увеличении

периода тройного воздействия биоритмов, находящихся в возрастающей фазе. Полином 2-й степени (вид аппроксимационной кривой – седло) показывает значение $R^2 = 0,518$; а это, по шкале Чеддока [3]: средняя корреляция, в ряде случаев её нужно учитывать.

Полученные данные – это уже результат. Он прямо свидетельствует, что между артериальным давлением и биоритмами существует математически значащая взаимосвязь. Анализ диаграмм, представленных на рис. 12, показывает, что чем меньше количество дней p с тройным эффектом воздействия в определенном месяце, тем больше достоверность аппроксимации, максимум которой приходится на периоды, когда тройной эффект вообще отсутствует: $p = 0$. Это можно трактовать так, что наличие тройного эффекта «подавляет» биоэнергетическую активность человека. То есть, «полезными», активными, воздействующими на организм, являются периоды, когда суммарный тройной эффект влияния физиологического, эмоционального и интеллектуального воздействия практически отсутствует.

а



б

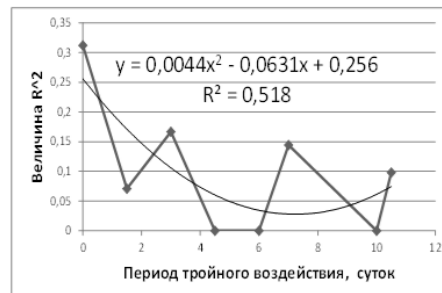


Рис. 12. Изменение величины R^2 в зависимости от периодов тройного воздействия биоритмов, находящихся в возрастающей фазе; систолическое давление; аппроксимация: а – линейная, б – полиномом 2-й степени

По аналогии с вышеприведенным, выполним анализ *убывающей фазы биоритмов*. Проведем исследование для случая, когда биоритмы находятся

в убывающей фазе действия, и их активность падает от максимального значения до нуля (противоположное по сравнению с анализом

возрастающей фазы биоритмов). Данные, характеризующие влияние тройного воздействия биоритмов, находящихся в убывающей фазе, приведены в табл. 18.

Таблица 18

**Анализ тройного воздействия биоритмов, находящихся в убывающей фазе;
систолическое давление**

№ n/n	Месяц	70.01	70.02	70.03	70.04	70.05	70.06	70.07	70.08	70.09	70.10	70.11	70.12	Σ
1	m-i	1 30	31-61	62-91	92-122	123-153	154-181	182-212	213-242	243-273	274-303	304-334	335-365	
2	n-i	19		62-68, 90, 91	92-92,5	128-131, 151-153	154-159	184-184,5	230-230,5	266	289-299	316-322,5		
3	n	1	0	9	1,5	7	6	1,5	1,5	1	11	7,5	0	47
4	R^2	0,1085	0	0	0,2251	0,1445	0	0,2047	0,0707	0,0523	0,098	0	0,6788	
5	n	0		1			1,5		6	7	7,5	9	11	
6	R^2	0	0,6788	0,0523	0,1085	0,0707	0,2047	0,2251	0	0,1445	0	0	0,098	
7	n	0	1	1,5	6	7	7,5	9	11					
8	R^2	0,3394	0,0804	0,1668	0	0,1445	0	0	0,098					

Структура табл. 18 – такая же, как и табл. 17. Обратим внимание, что строки 1 (количество суток в месяце) и 4 (значение величины R^2 в каждом из месяцев) в обеих таблицах – одинаковы, так как анализируется систолическое давление в период

одного и того же 70-го года. Значения величин в строках 2 и 3 приняты из табл. 16 (для убывающей фазы биоритмов). Используя строки 7 и 8 табл. 18, построены соответствующие диаграммы, приведенные на рис. 13.

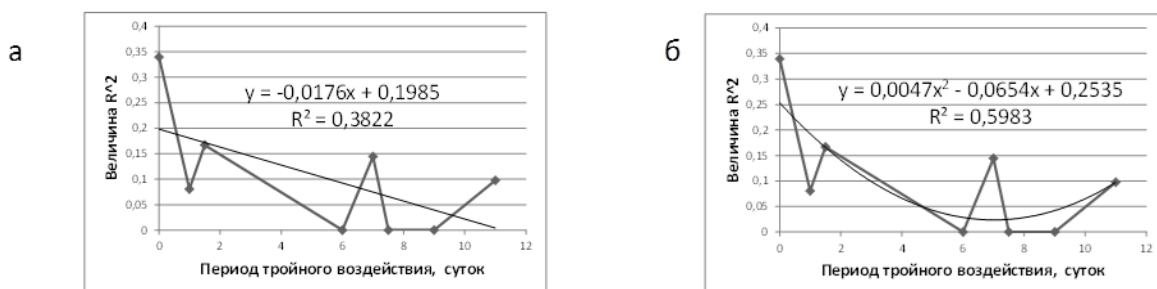


Рис. 13. Изменение величины R^2 в зависимости от периодов тройного воздействия биоритмов, находящихся в убывающей фазе; систолическое давление; аппроксимация: а – линейная, б – полиномом 2-й степени

Результаты аппроксимации (см. рис. 13): линейной – $R^2 = 0,3822$, полиномом 2-й степени – $R^2 = 0,5983$.

Анализ диастолического давления
выполняем по той же схеме, что и анализ

систолического давления. Данные, необходимые для анализа взаимосвязи артериального давления и биоритмов, находящихся в *возрастающей фазе*, приведены в табл. 19.

Таблица 19

**Анализ тройного воздействия биоритмов, находящихся в возрастающей фазе;
диастолическое давление**

№ n/n	Месяц	70.01	70.02	70.03	70.04	70.05	70.06	70.07	70.08	70.09	70.10	70.11	70.12	Σ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	m-i	1 30	31-61	62-91	92-122	123-153	154-181	182-212	213-242	243-273	274-303	304-334	335-365	
2	p-i	3,4,5	48-51,5	76-81	104, 116-117	139-145	168-173	0	216-216,5	0	277-282,5; 300-303	304-311, 333-334	0	
3	p	3	4,5	6	3	7	6	0	1,5	0	10,5	10	0	51,5
4	R^2	0,1875	0	0,1803	0	0,1986	0,2931	0,223	0,1864	0	0	0	0,6694	
5	p	0			1,5		3		4,5		6	7	10	10,5
6	R^2	0	0,223	0,6694	0,1864	0	0,1875	0	0,1803	0,2931	0,1986	0	0	
7	p	0	1,5	3	4,5	6	7	10	10,5					
8	R^2	0,2975	0,1864	0,0938	0	0,2367	0,1986	0	0					

Структура табл. 19 – такая же, как и табл. 17. Строки 1 -3 – точно такие же, как в табл. 17. Данные строки 4 приняты по табл. 11 (столбец 8). Строки 5 – 8 анализируются так же, как в табл. 17. Используя

строки 7 и 8 табл. 19, построены соответствующие диаграммы, приведенные на рис. 14.

Данные, необходимые для анализа взаимосвязи артериального давления и биоритмов, находящихся в *убывающей фазе*, приведены в табл. 20.

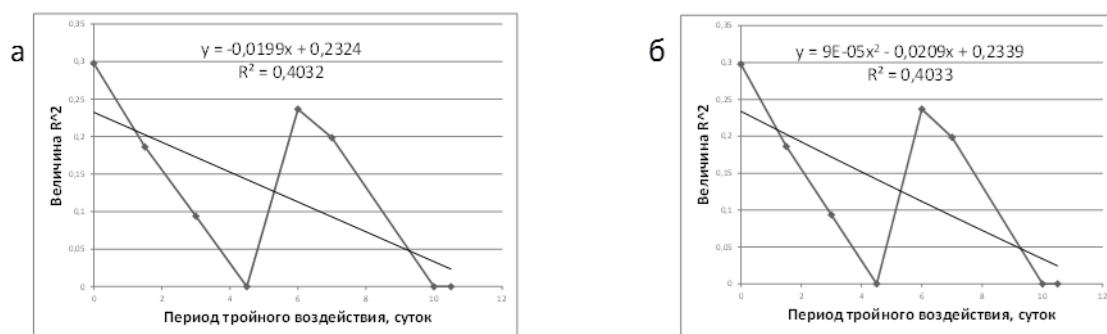


Рис. 14. Изменение величины R^2 в зависимости от периодов тройного воздействия биоритмов, находящихся в возрастающей фазе; диастолическое давление; аппроксимация: а – линейная, б – полиномом 2-й степени

Таблица 20

**Анализ тройного воздействия биоритмов, находящихся в убывающей фазе;
диастолическое давление**

№ п/п	Месяц	70.01	70.02	70.03	70.04	70.05	70.06	70.07	70.08	70.09	70.10	70.11	70.12	Σ
1	m-i	1 30	31-61	62-91	92-122	123-153	154-181	182-212	213-242	243-273	274-303	304-334	335-365	
2	n-i	19	0	62-68, 90-91	92-92,5	128-131, 151-153	154-159	184-184,5	230-230,5	266	289-299	316-322,5	0	
3	n	1	0	9	1,5	7	6	1,5	1,5	1	11	7,5	0	47
4	R^2	0,1875	0	0,1803	0	0,1986	0,2931	0,223	0,1864	0	0	0	0,6694	
5	n	0		1		1,5		6	7	7,5	9	11		
6	R^2	0	0,6694	0	0,1875	0	0,1864	0,223	0,2931	0,1986	0	0,1803	0	
7	n	0	1	1,5	6	7	7,5	9	11					
8	R^2	0,3347	0,0938	0,1365	0,2931	0,1986	0	0,1803	0					

По результатам данных табл. 20 (строки 7 и 8) построены диаграммы, приведенные на рис. 15.

Оценка тройного воздействия биоритмов и артериального давления. Сравним между собой значения достоверности R^2 аппроксимации,

полученные для разных видов артериального давления и для различных фаз биоритмов.

Значения достоверности R^2 аппроксимации, полученные для разных видов артериального давления, представлены в табл. 21.

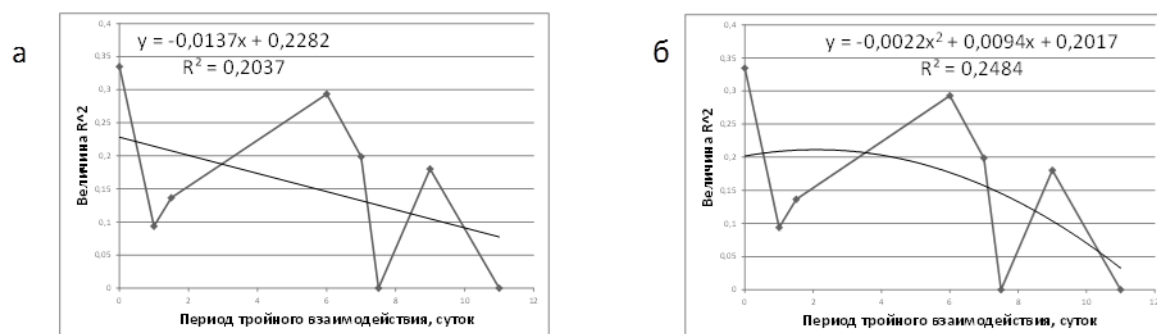


Рис. 15. Изменение величины R^2 в зависимости от периодов тройного воздействия биоритмов, находящихся в убывающей фазе; диастолическое давление; аппроксимация: а – линейная, б – полиномом 2-й степени.

Таблица 21

Достоверность R^2 аппроксимации по видам давления и за год в целом

Достоверность К- аппроксимации по видам давления и за год в целом					
Давление		Систолическое		Диастолическое	
Вид аппроксимации		Линия	Полином	Линия	Полином
Фаза биоритмов	возрастающая	0,2932	0,5180	0,4032	0,4033
	убывающая	0,3822	0,5983	0,2037	0,2484
Среднее арифметическое	по видам аппроксимации	0,3377	0,5582	0,3035	0,3259
	по видам давления	0,4480		0,3147	
	общее за год	0,3814			

Из табл. 21 следует, что среднеарифметическое значение достоверности R^2 аппроксимации для систолического давления ($R^2 = 0,4480$) больше соответствующей величины ($R^2 = 0,3147$) для диастолического давления.

В целом за анализируемый год среднеарифметическое значение систолического и диастолического давлений составило $R^2 = 0,3814$.

Значения достоверности R^2 аппроксимации, полученные для разных фаз биоритмов артериального давления и за год в целом, приведены в табл. 22.

Таблица 22

Достоверность R^2 аппроксимации в зависимости от фазы биоритмов и за год в целом

Достоверность аппроксимации в зависимости от фазы биоритмов и за год в целом							
Давление				Систолическое		Диастолическое	
Вид аппроксимации				Линия	Полином	Линия	Полином
Фаза биоритмов	возрастающая	среднее арифметическое	по видам аппроксимации	0,2932	0,5180	0,4032	0,4033
			по видам давления	0,4056		0,4033	
			общее за год	0,4045			
	убывающая	среднее арифметическое	по видам аппроксимации	0,3822	0,5983	0,2037	0,2484
			по видам давления	0,4903		0,2261	
			общее за год	0,3582			
Общее по фазам биоритмов				0,3814			

Анализ данных табл. 22 показывает, что имеется значительный разброс значений R^2 как по отдельным видам аппроксимации, так и по видам артериального давления. Констатируем, что для возрастающей фазы биоритмов значение ($R^2 = 0,4045$) является большим по сравнению с убывающей фазой ($R^2 = 0,3582$).

Общее значение аппроксимации по году в целом составляет то же значение ($R^2 = 0,3814$), какое было определено выше (табл. 21).

Результаты исследований. 1). Общее значение аппроксимации по году в целом составляет $R^2 = 0,3814$. Это значение находится в диапазоне «св. 0,3 – до 0,5 включительно» и по шкале Чеддока [3] соответствует слабому уровню аппроксимации; в ряде случаев его можно учитывать. По крайней мере, такое значение аппроксимации однозначно свидетельствует о том, что анализируемые факторы (артериальное давление и биоритмы) не являются независимыми величинами.

2). Наиболее информативным (активным) является месяц (70.12), предшествующий дню рождения анализируемого индивидуума. Активными являются также месяцы (70.07 и 70.05), отстоящие (примерно) на полгода от дня рождения. Активность (выше средней) проявляется также в 1-м месяце (70.01).

3) Артериальное давление по 70-му года в целом, при анализе по активному периоду суток – уменьшается, а при анализе по числам месяца – возрастает; причина не известна.

4). Взаимосвязь биоритмов и систолического давления проявляется на 42,4% $\{[(0,4480 - 0,3147)/0,3147] \cdot 100\}$ больше по сравнению с взаимосвязью биоритмов и диастолического давления (табл.21).

5). Биоактивность для возрастающей фазы биоритмов проявляется на 12,9% $\{[(0,4045 - 0,3582)/0,3582] \cdot 100\}$ больше, чем для убывающей фазы (табл. 22).

Более подробные сведения (включая полный комплект исходных экспериментальных данных) по анализируемой тематике приведены в работе [7].

Выводы. Принятые допущения. 1). Общая биоактивность человека проявляется, начиная со дня его рождения. 2). Биоактивность носит циклический характер с периодом, равным одному году.

1. Предложена методика выявления взаимосвязи биоритмов и артериального давления.

2. Полученные результаты можно рассматривать как апробацию предложенной методики.

3. Выявлена значимая взаимосвязь биоритмов и артериального давления как по году в целом, так и по его отдельным активным месяцам. Можно предположить, что различная активность месяцев в пределах года связана с фазами вращения Луны вокруг Земли, и зависит, таким образом, от широты местности, где проводился эксперимент.

4. Биоактивность систолического давления выше, чем диастолического; биоактивность для возрастающей фазы биоритмов является более высокой, чем для убывающей фазы.

5. Используя предложенную методику, можно провести контрольные измерения артериального давления с соблюдением всех необходимых медицинских и метрологических требований, а затем сравнить полученные при этом сведения с результатом данной работы.

Замечание. Можно предположить, что аналогичные результаты не были ранее получены по двум причинам: 1) исследования не были «привязаны» к конкретному индивидууму; 2) возможно, был выполнен недостаточный объем экспериментов.

Л и т е р а т у р а

1. Орлов А. И. Прикладная статистика. Учебник. — М.: Экзамен, 2006. — 671 с.;
2. Статистический анализ данных, моделирование и исследование вероятностных закономерностей. Компьютерный подход: монография / Б.Ю. Лемешко, С.Б. Лемешко, С.Н. Постовалов, Е.В. Чимитова. — Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2011. — 888 с.;
3. Лекции по эконометрике: учебное пособие / Шанченко Н.И., Ульяновск: УлГТУ, 2008. — 184 с.;
4. Уокенбах, Джон. Microsoft Excel 2010. Библия пользователя. : Пер. с англ. — М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2013. — 912 с.;
5. Машиностроение и техносфера XXI века // Сборник трудов XXIX международной научно-технической конференции в г. Севастополе 12-18 сентября 2022 г. — Донецк: ДонНТУ, 2022. — 143 - 146 с.;
6. Биоритмы онлайн: Расчет 3-х биоритмов человека, таблица биоритмов...geocult.ru/bioritmyi-online-raschet.;
7. Илья Крос. Биоритмы и артериальное давление. Издательство «ДокументКопиЦентр», Донецк, 2022 г. — 97 с.

Kovalenko V.I.

MATHEMATICAL REPRESENTATION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN BLOOD PRESSURE AND TRIPLE INFLUENCE OF BIORHYTHMS

A technique is proposed to identify the relationship between biorhythms and blood pressure (both for the year as a whole and for its individual month) in terms of a mathematical point of view.

The initial data are the experimental values of arterial (systolic and diastolic) pressure obtained by the author during the 70th year of its life (365 days). The studied biorhythms also belong to the same period.

The relationship between blood pressure and the triple impact of biorhythms (physical, emotional and intellectual), which are increasing and decreasing in both phases, was analyzed. The most informative (active) month is the month prior to the person's birthday. Also active are the months separated by (approximately) half a year from the date of birth, and 1 month after this date.

Keywords: systolic blood pressure, diastolic blood pressure, reliability value of approximation, biorhythms, triple impact of biorhythms, relationship between blood pressure and biorhythms.

Коваленко Валерий Ильич, к.т.н. доцент кафедры «Технология машиностроения» ГОУ ВПО ДНР «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк.

E-mail: kovval39@mail.ru

Kovalenko Valery Ilyich, Candidate of Sciences, a docent of the Chair "Technology of mechanical engineering", State Educational Establishment of Higher Professional Education "Donetsk National Technical University", Donetsk.

Рецензент: Витренко Владимир Алексеевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технология машиностроения и инженерный консалтинг», проректор по научной работе и инновационной деятельности ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

Статья подана 01.12.2022

УДК 621.891:539.3

ОЦЕНКА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПАРЫ ТРЕНИЯ КОЛЕСО РЕЛЬС С ЧАСТИЦЕЙ АБРАЗИВА В ЗОНЕ КОНТАКТА

Костюченко Д.Н., Малов В.А.

EVALUATION OF THE INTERACTION OF A WHEEL RAIL FRICTION PAIR WITH AN ABRASIVE PARTICLE IN THE CONTACT ZONE

Kostyuchenko D.N., Malov V.A.

В статье рассмотрены вопросы аналитической оценки объема материала пары трения колесо рельс, деформируемого сферической абразивной частицей от момента контакта с поверхностями катания колеса и рельса до ее разрушения.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, пара трения колесо-рельс, абразивная частица.

Введение. Для повышения коэффициента сцепления колес локомотива с рельсами на практике используется песок, подаваемый в контакт колеса и рельса при помощи специальных устройств. Указанный способ является эффективным средством для реализации устойчивой силы тяги локомотивом. Однако применение песка обуславливает появление абразивного износа, особенно характерного для тяжело нагруженных пар трения, таких как колесо рельс [1].

Экспериментальные исследования и оценочные расчеты показали, что особенности условий работы элементов пар трения качения, работающих с проскальзыванием (высокие нагрузки в контакте), приводят к осуществлению следующего механизма износа [2]: абразивные частицы, испытывая действие все возрастающих нормальных сил, дробятся при определенной глубине внедрения. Дробление частицы происходит до размеров, сопоставимых с величиной R_{max} - максимальной высотой микронеровности, после чего частицы проходят зону контакта.

Изложение основного материала. Для того чтобы вычислить износ, вызываемый абразивными частицами, необходимо определить, в результате какого взаимодействия абразивной частицы с поверхностью трения происходит разрушение поверхностных слоев. Согласно исследованиям [3] суммарный износ будет равен арифметической сумме износов, получающихся в результате воздействия на поверхность твердого тела каждой абразивной частицы в отдельности.

Для этого рассмотрим механизм взаимодействия произвольной абразивной частицы с поверхностями трения

взаимодействующих колеса и рельса. При этом введем следующие допущения:

1. Абразивная частица имеет сферическую форму, характеризуемую радиусом r .
2. Распределение поверхностных напряжений в материалах пары трения не учитываем.
3. Пренебрегаем изнашиванием поверхности рельса и рассматриваем изнашивание только поверхности колеса.
4. Поверхность в состоянии тангенциального сжатия имеет микрогеометрию.
5. Поверхность колеса шероховата и волниста.

По мере втягивания абразивной частицы в зону контакта взаимодействующих колеса и рельса возрастают силы, сжимающие эту частицу, следовательно, увеличивается глубина внедрения абразивной частицы в изнашиваемую поверхность. Вследствие того, что радиус кривизны колеса $R \gg r$, будем считать, что абразивная частица взаимодействует в каждой произвольной точке с плоскими поверхностями.

Приложение нормальной нагрузки P (рис. 1) приводит к макродеформациям колеса и рельса, в результате которой образуется контактная площадка.

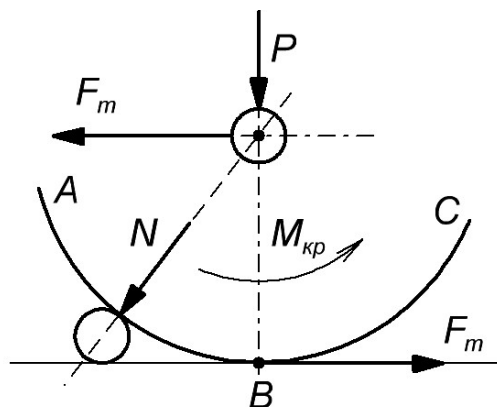


Рис. 1. Схема силового взаимодействия колеса локомотива с рельсом

Приложение крутящего момента $M_{кр}$, представленного в виде пары сил F_t , приводит к

тому, что на участке колеса АВ возникают деформации сжатия, а на участке ВС – деформации растяжения.

В работе [3] показано, что определение вида деформирования микронеровностей в контакте должно производиться с учетом функциональной связи между параметрами микрогеометрии и касательной силой F_m . Игнорирование этого обстоятельства предопределяет значительные погрешности при определении вида деформирования микронеровностей и, следовательно, приводит к заведомо заниженному результату в расчете. Будем считать, что волнистая поверхность колеса описывается функцией вида (рис. 2):

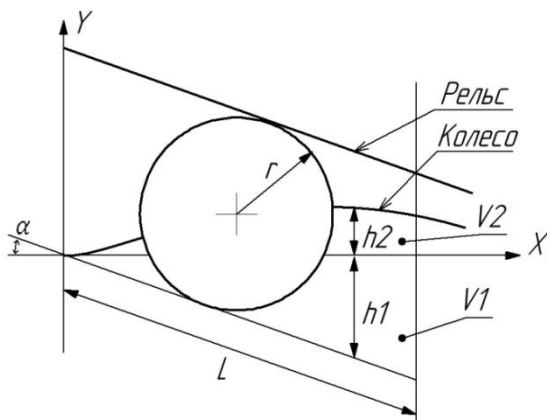


Рис. 2. Схема к вычислению деформированного объема поверхностей трения колеса рельс

$$y(x) = a \cdot \sin(b \cdot x + c) + f, \quad (1)$$

где a , b , c и f – коэффициенты, характеризующие высотные и шаговые параметры микрогеометрии поверхности колеса.

$$a = f = \frac{R_{max}}{2}; b = 2 - \frac{n}{S_m}; c = -\frac{\pi}{2},$$

где R_{max} – максимальная высота микронеровностей;

S_m – средний шаг микронеровностей.

Из теории усталостного изнашивания [4] следует, что интегральная линейная интенсивность изнашивания при пластических деформациях на несколько порядков больше, чем при упругих деформациях. Поэтому при определении интегральной линейной интенсивности изнашивания и при наличии абразивных частиц интенсивностью изнашивания, проявляющейся в результате воздействий частиц при упругих деформациях поверхностного слоя колеса, будем пренебрегать.

Предположим, что абразивная частица при скольжении проходит по поверхности колеса расстояние L и разрушается (рис. 2), когда ее внедрение будет больше или равно:

$$h = h_1 + h_2 = h_p.$$

Максимальная глубина h_{max} , на которую может внедриться абразивная частица, характеризующаяся объемным радиусом r в материал сопряженной поверхности, ограничивается глубиной внедрения, соответствующей разрушению (дроблению) частицы h_p . Условие [5], позволяющее определить величину h_p , имеет вид:

$$\frac{h_{max}}{r} = \frac{h_r}{r}. \quad (2)$$

Разрушение абразивной частицы наступает, когда нагрузка N на частицу составляет:

$$N = P_M, \quad (3)$$

где P_M – нагрузка, действующая со стороны материала на внедряющуюся абразивную частицу.

Согласно исследованиям [1], для пластического контакта:

$$P_M = A_r \cdot HB,$$

где A_r – фактическая площадь контакта;

HB – твердость материала сопряженной поверхности.

Подставим значения N и P_M в равенство (2):

$$\sigma \cdot \pi \cdot r^2 = A_r \cdot HB,$$

или, возвращаясь к равенству (2), получим:

$$\frac{h_{max}}{r} = \frac{h_p}{r} = \frac{1}{2} \frac{\sigma}{HB}.$$

Таким образом, максимальная величина h/r выражается через механические характеристики абразивной частицы σ и изнашиваемого материала HB .

Объем материала, деформированного абразивной частицей, можно определить как:

$$V_{\partial} = V_1 + V_2,$$

где V_1 и V_2 – объемы, деформируемые абразивной частицей при прохождении ею пути L и расположенные соответственно в четвертом и первом квадрантах выбранной системы координат XY (см. рис. 2).

Результаты исследований. Определим путь, который проходит абразивная частица до своего разрушения. Т.к. колесо является цилиндрическим телом с радиусом $R \gg r$, то для упрощения расчета можно допустить замену дуги окружности поверхности катания колеса отрезком прямой линии. При этом путь, проходимый абразивной частицей относительно поверхности рельса до разрушения (достижения глубины внедрения, равной $h_1 + h_2 = h_p$):

$$L = \frac{h_1}{r} \cdot \sqrt{(R-r) \cdot r}.$$

Глубина внедрения абразивной частицы в сопряженную поверхность в произвольной точке пути в системе координат XY с учетом (1) будет равна:

$$h = h_1 + h_2 = [x \cdot \operatorname{tg}(\alpha)] + [a \cdot \sin(b \cdot x + c) + f] = \frac{x \cdot r}{\sqrt{r \cdot (R-r)}} + a \cdot \sin(b \cdot x + c) + f, \quad (4)$$

где x – текущая абсцисса абразивной частицы, движущейся в зазоре между поверхностями колеса и рельса (см. рис. 2).

Тогда объем материала, деформированный абразивной частицей, можно определить как:

$$V_{\partial} = V_1 + V_2 = \int_0^L S_n \cdot dx, \quad (5)$$

где S_n – площадь поперечного сечения дорожки трения абразивной частицы.

Выводы. Используя приведенный выше алгоритм расчета, можно определить объем материала, деформируемого сферической абразивной частицей до ее разрушения.

Л и т е р а т у р а

1. Анализ характерных неисправностей и количественных показателей по отказам электрического оборудования электровоза ВЛ80т / К.А. Рябко, Е.В. Рябко, В.А. Пьянкин, А.В. Кочев // Сборник научных трудов Донецкого института железнодорожного транспорта. – 2018. – № 51. – С. 85-91. – EDN YUVGWT.

2. Расчет износа пары трения колесо – рельс при наличии абразива с учетом предварительной деформации поверхности / Соснов И.И., Палеха А.И., Малахова Г.И. // Вестник Восточноукраинского национального университета – 2001. - №1. – С. 77-84.

3. Перспективы применения метода магнитной памяти металлов к диагностике состояния металлов / О. В. Малахов, А. В. Кочергин, Д. С. Девяткин // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2013. – Т. 4. – № 5(64). – С. 20-24. – EDN QZFTGX.

4. Рябко, К. А. Повышение долговечности крышек цилиндров тепловозных дизелей / К. А. Рябко, Е. В. Рябко // Известия Транссиба. – 2016. – № 4(28). – С. 30-37. – EDN VXXHTJ.

5. Реализация метода определения спектрального состава акустического шума, создаваемого дисковыми тормозами подвижного состава в процессе торможения / В. В. Малахова, О. В. Малахов // Информационные системы и технологии в моделировании и управлении : сборник трудов VI Международной научно-практической конференции, Ялта, 24–26 мая 2021 года / Крымский

федеральный университет имени В. И. Вернадского, Гуманитарно-педагогическая академия (филиал). – Симферополь: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство Типография «Ариал», 2021. – С. 107-111. – EDN ZADORO.

Kostyuchenko D.N., Malov V.A.

EVALUATION OF THE INTERACTION OF A WHEEL-RAIL FRICTION PAIR WITH AN ABRASIVE PARTICLE IN THE CONTACT ZONE

The article deals with the issues of analytical evaluation of the volume of the wheel-rail friction pair material deformed by a spherical abrasive particle from the moment of contact with the rolling surfaces of the wheel and rail to its destruction.

Key words: railway transport, wheel-rail friction pair, abrasive particle.

Костюченко Дмитрий Николаевич, генеральный директор ПАО «Лугансктепловоз», ЛНР.

E-mail: kostyuchenko.ltz@gmail.com

Kostyuchenko Dmitry Nikolaevich, General Director of PJSC "Luganskteplovoz", LNR.

Малов Вячеслав Анатольевич, кандидат технических наук, главный специалист, общество с ограниченной ответственностью «Лугамаш», ЛНР.

E-mail: malov.ltz@gmail.com

Vyacheslav Anatolyevich Malov, Candidate of Technical Sciences, Chief Specialist, Lugamash Limited Liability Company, LNR.

Рецензент: Яковенко Валерий Владимирович, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Электромеханика», ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 22.11.2022

УДК 681.5

САУ КАЧЕСТВОМ И РАСХОДОМ ВОЗДУХА В ВЕНТИЛИРУЕМОМ ПОМЕЩЕНИИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КОНЦЕНТРАЦИИ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА

Кратинов А.Г., Сухов Д.А.

ACS FOR THE QUALITY AND AIR CONSUMPTION IN A VENTILATED ROOM CONTROLLED BY CARBON DIOXIDE CONCENTRATION

Kratinov A.G., Sukhov D.A.

В работе изложены принципы построения систем вентиляции с переменным расходом воздуха (DCV) и автоматическим управлением в зависимости от концентрации углекислого газа в помещении. Определены параметры передаточных функций САУ, построена модель системы в среде эмулятора Simulink, определены параметры переходного процесса, исследована устойчивость системы.

Ключевые слова: концентрация CO₂, энергоэффективность, структурная схема, схема моделирования, эмулятор, передаточная функция, коэффициент передачи, постоянная времени, датчик, переходной процесс.

Введение. Повышение качественных характеристик воздуха для создания комфортных условий пользователям и снижение энергопотребления вентиляционными установками – основной мировой тренд развития устройств этого типа, что подтверждается как растущими требованиями международных стандартов, так и соответственно улучшающимися характеристиками вентиляционного оборудования известных мировых брендов.

Широко распространенные системы вентиляции, классифицируемые как системы с постоянным расходом воздуха, для многих типов помещений, в особенности с изменяющимся количеством присутствующих людей, оказываются недостаточно эффективными как с точки зрения создания комфортных условий, так и с точки зрения экономической эффективности. Системы вентиляции с постоянным расходом воздуха при максимальном заполнении помещения людьми зачастую не справляются с нагрузкой, а при малом заполнении – количество воздуха подается в помещение сверх нормы, что приводит к неоправданному расходу. И если первый недостаток является результатом ошибочного расчета или неучёта какого-либо проявляющегося фактора, то второй – фактически является прямым следствием принципа действия системы, что заставляет искать новые подходы к структуре

системы вентиляции, электроприводу, информационному обеспечению системы автоматизации. На сегодняшний день задача по созданию системы вентиляции, совмещающей требования по обеспечению допустимых параметров воздуха в помещении и энергоэффективности, окончательно не решена.

В качестве одной из мер решения перечисленных проблем американский стандарт ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2004 (Американское общество инженеров по отоплению, охлаждению и кондиционированию воздуха) предусматривает динамическое изменение режимов работы вентиляции жилых и общественных зданий. Это реализуется средствами DCV (Demand Controlled Ventilation, «регулирование вентиляции по потребности») путем управления количеством подаваемого свежего воздуха сверх минимально необходимого по мере изменения числа реально присутствующих людей в вентилируемом помещении.

Целью настоящей работы является анализ системы DCV с регулированием вентиляции в зависимости от концентрации CO₂. Такой анализ представляет определенный практический интерес в виду того, что энергетическая эффективность и комфорт, достигаемые при использовании систем вентиляции с переменным расходом воздуха, привели в настоящее время к их широкому распространению в различных типах зданий – учебных заведениях, больницах, детсадах, спортзалах, выставочных, торговых центрах, вокзалах, аэропортах и пр.

Изложение основного материала. Углекислый газ является токсичным для человека даже в относительно низких дозах и поэтому для создания комфортных условий жизнедеятельности требуется постоянный контроль его концентрации в помещениях с пребыванием людей, особенно в промышленных городах и крупных мегаполисах, где атмосферный воздух загрязнен вредными

выбросами автотранспорта и промышленных предприятий.

Установлено, что при дыхании люди непрерывно выдыхают определенное количество CO_2 , зависящее от уровня физической активности человека, а его суммарное количество прямо пропорционально количеству людей в помещении. Чем выше продолжительность и уровень физической активности, тем больше будет потребление кислорода, и тем больше будет выдыхаемое количество CO_2 . Это дает возможность использовать значение концентрации углекислого газа в качестве индикатора качества воздуха в жилых и общественных зданиях [1].

ГОСТ 30494–2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях» предусматривает четыре класса качества воздуха в помещении в зависимости от концентрации углекислого газа:

1-й класс (оптимальный микроклимат, высокое качество) – концентрация углекислого газа не более $400 \text{ см}^3/\text{м}^3$;

2-й класс (оптимальный микроклимат, среднее качество) – концентрация углекислого газа от 401 до $600 \text{ см}^3/\text{м}^3$;

3-й класс (допустимый микроклимат, допустимое качество) – концентрация углекислого газа от 601 до $1\,000 \text{ см}^3/\text{м}^3$;

4-й класс – недопустимо высокая концентрация углекислого газа, низкое качество воздуха – более $1\,000 \text{ см}^3/\text{м}^3$.

Достижение комфортных условий, соответствующих стандарту, может быть осуществлено различными способами. Принципы работы системы вентиляции с расходом воздуха по уровню потребности исходят из того [2], что эксплуатация зданий не требует постоянного притока 100% свежего воздуха. Так как количество людей в здании меняется в разное время, то в соответствии с этим должна осуществляться и подача свежего воздуха. Потребность в свежем воздухе естественно уменьшается, если количество людей в здании стало меньше. Вентиляция по требованию – это метод подачи переменного количества свежего воздуха «по требованию» на основе фактической загруженности помещения.

DCV можно реализовать несколькими способами. В простейшем случае – на основе графика (расписания) нагрузки. Подача расчетного количества наружного воздуха осуществляется в соответствии с графиком с минимальным или даже

нулевым количеством свежего наружного воздуха в часы, когда помещения не заполнены людьми. В то же время могут быть запрограммированы «интервалы проветривания» и др. Такой режим характерен для учебных заведений, кинотеатров и других помещений, в которых производственные процессы осуществляются в соответствии с жесткими регулярно повторяющимися временными циклами. Многие производители вентиляционных систем опционально предусматривают подобные режимы в САУ, реализуемые с помощью программируемых таймеров. Такая система в сравнении с вентиляцией с постоянным расходом воздуха выигрывает в энергоэффективности, однако существенное повышение качества воздуха не гарантируется.

Управление подачей свежего воздуха можно осуществить также на основе информации, получаемой с датчиков «присутствия» или датчиков «подвижности» различного типа, определяющих изменения в загрузке помещения людьми и уровне их физической активности. Однако в этом случае система управления полагается на косвенное приближенное определение качества воздуха. Поэтому в большинстве современных систем DCV используются датчики углекислого газа для постоянного прямого мониторинга его уровня в помещении и обеспечения регулирования количества свежего воздуха, поступающего для вентиляции. Использование датчиков CO_2 позволяет значительно лучше контролировать вентиляцию и признано действенным в большинстве типовых строительных норм, включая стандарты ASHRAE.

Согласно различным информационным источникам, при внедрении DCV в сравнении с системами, работающими на принципах постоянного расхода воздуха, экономия энергозатрат может составить от 5 до 80 процентов в зависимости от конкретных условий применения.

На рис. 1 изображена упрощенная структурная схема САУ качеством воздуха в помещении в зависимости от уровня концентрации CO_2 . Такая схема использовалась в проекте вентиляции типового кинозала на 300 мест с объемом помещения 1620 м^3 , номинальным расходом воздуха $8000 \text{ м}^3/\text{час}$ и мощностью двигателя приточного вентилятора 3 кВт .

Качественные показатели САУ и параметры регулятора определялись с помощью моделирования системы в среде симулятора Simulink.

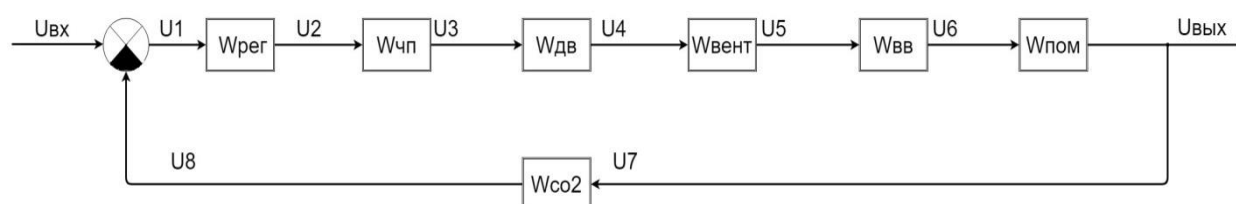


Рис. 1. Структурная схема САУ качеством воздуха в зависимости от уровня концентрации углекислого газа

Управление качеством воздуха осуществляется по уровню сигнала с датчика CO₂ путем изменения числа оборотов приточного и вытяжного вентиляторов с частотно регулируемым приводом. САУ функционирует следующим образом. Напряжение с датчика концентрации CO₂, пропорциональное измеренной концентрации CO₂ в помещении, по цепи обратной связи поступает на элемент сравнения с напряжением задатчика U_{вх}. Разность этих напряжений, соответствующая сигналу ошибки, поступает на регулятор и далее на частотный преобразователь W_{чп}, вызывая изменение частоты тока на его выходе. Подключенный на выход ЧП двигатель изменяет число оборотов,

уменьшая или увеличивая производительность вентилятора W_{вент}, т.е. расход свежего воздуха, направляемого по воздухопроводу W_{вв} в помещение W_{пом}.

Последовательность звеньев W_{чп} и W_{дв} может рассматриваться как собственно «частотно-регулируемый привод» с некоторой результирующей передаточной функцией W_{чрп}.

В работе [3] на основе модели со скалярным управлением рассмотрена математическая модель (рис. 2) и получено выражение для передаточной функции ЧРП с асинхронным двигателем с учетом зависимости момента сопротивления от скорости вращения.

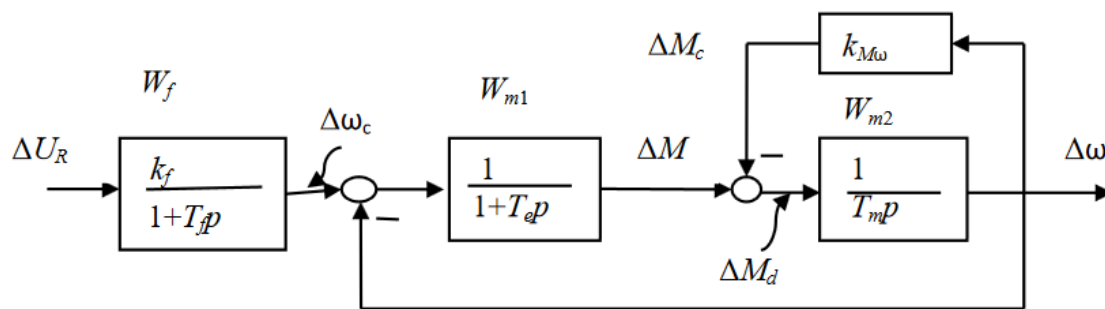


Рис. 2. Структурная схема ЧРП с асинхронным электродвигателем [3, с. 109]

На структурной схеме инерционное звено первого порядка W_f отражает инерционность частотного преобразователя, звенья W_{m1} и W_{m2} – электромагнитную и электромеханическую инерционность асинхронного двигателя:

$$W_{m1}(p) = \frac{\beta}{T_e p + 1}; W_{m2}(p) = \frac{1}{\beta T_m p},$$

где β – жесткость линеаризованной механической характеристики:

$$\beta = \frac{\Delta M}{\Delta \omega} = \frac{2M_{max}}{\omega_0 S_k},$$

где M_{max} – максимальный (критический) момент АД;

ω₀ – синхронная угловая скорость АД при номинальной частоте напряжения на статоре;

S_k – критическое скольжение АД;

T_e – электромагнитная постоянная АД:

$$T_e = \frac{1}{2\pi f_{1n} S_k} = \frac{1}{314 S_k};$$

T_m – электромеханическая постоянная АД:

$$T_m = \frac{J}{\beta}$$

J – приведенный момент инерции двигателя и механизма.

Преобразователь частоты можно представить инерционным звеном первого порядка с передаточной функцией

$$W_f(p) = \frac{\Delta \omega_c(p)}{\Delta U_R(p)} = \frac{k_{пч}}{T_{пч} p + 1},$$

где k_{пч} и T_{пч} – коэффициент передачи и постоянная времени ПЧ.

После ряда преобразований передаточная функция частотно-регулируемого электропривода с учетом зависимости момента сопротивления от скорости принимает вид:

$$W_{fd}(p) \frac{\Delta \omega(p)}{\Delta U_R(p)} = W_f(p) W_m(p) = \frac{k_{пч} k_m}{(T_{пч} p + 1)(T_1^2 p^2 + T_2 p + 1)},$$

где:

$$W_m(p) = \frac{W_{m1}(p) W_{m2}(p)}{1 + W_{m1}(p) W_{m2}(p)} = \frac{k_m}{T_1^2 p^2 + T_2 p + 1},$$

$$k_m = \frac{\beta}{\beta + k_{M\omega}}, \quad T_1 = \sqrt{\frac{T_{01} T_e}{1 + \beta / k_{M\omega}}},$$

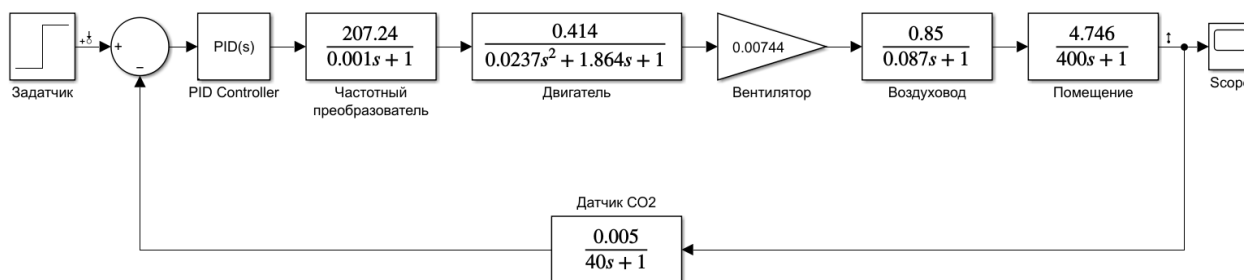
$$T_2 = \frac{T_{01} + T_e}{1 + \beta / k_{M\omega}}.$$

В качестве примера рассмотрим применение в Simulink-модели САУ асинхронного двигателя типа АДЧР90L2 мощностью 3 кВт. По вышеприведенным формулам рассчитаны параметры математической модели привода, численные значения которых размещены в табл. 1.

На рис. 3 приведена схема моделирования системы, а ниже определены передаточные функции остальных динамических звеньев, входящих в систему. Числовые значения параметров передаточных функций рассчитывались на основе паспортных данных используемого оборудования.

Расчетные параметры математической модели ЧРП

Привед. момент инерции (J) [кг*м ²]	Жестко- сть мех. харак. (β)	M _{ном} [Н*м]	M _{макс} [Н*м]	M _{длк} [Н*м]	S _{скольжение}	S _{крит. скольжение}	T _м [с]	T _с [с]	T ₁ [с]	T ₂ [с]	K _{мω}	K _m
0,145	0,637	9,6	25	22	0,05	0,25	2,063	0,013	0,154	1,86	0,9	0.414

Рис. 3. Схема моделирования САУ качеством воздуха в зависимости от концентрации CO₂

Ключевым компонентом DCV является датчик углекислого газа, так как содержание углекислого газа CO₂ в окружающем воздухе становится важнейшим параметром, измерение которого определяет работоспособность системы. Еще несколько лет назад создание подобной системы вентиляции упиралось в отсутствие надежного датчика CO₂. Сегодня эта проблема успешно решена. Предлагаются для подобных задач надежные датчики «открытого» и «канального» типа, приспособленные для размещения непосредственно в воздуховодах. Большинство датчиков CO₂, доступных на рынке, являются самокалибрующимися и не требуют обслуживания в течение их номинального срока службы 15 лет.

В рассматриваемой системе вентиляции использовался датчик углекислого газа CO₂-К/А для измерения концентрации CO₂ в окружающем воздухе в диапазоне 0-10000 ppm (частей на миллион), работающий по недисперсионному инфракрасному (НДИК) методу.

Передачную функцию датчика концентрации углекислого газа представим как инерционное звено первого порядка:

$$W_{\text{дт}}(p) = \frac{K}{T \cdot p + 1},$$

где K – коэффициент передачи датчика;

T – постоянная времени.

Коэффициент передачи датчика определяется по формуле:

$$K_i = \frac{U_{\text{max}}}{\text{ppm}_{\text{max}}} = \frac{10}{2000} = 0,005 \text{ в/ppm}.$$

Постоянная времени датчика T, исходя из паспортных данных, составит:

$$T = \frac{T_y}{3} = \frac{120}{3} = 40 \text{ с},$$

где T_y – паспортное время установления. (Здесь и далее для определения постоянной времени

используется известное приближенное соотношение для экспоненциальных переходных процессов T_y = 3T).

Передачная функция датчика CO₂ принимает вид:

$$W_{\text{дт}}(p) = \frac{0,005}{40 \cdot p + 1}.$$

Преобразователь частоты интерпретируется инерционным звеном первого порядка. Постоянная времени преобразователя частоты T_f определяется схемными электронными элементами и составляет порядка 0,001 с. Коэффициент передачи преобразователя частоты, используемого в системе, определяется, исходя из паспортных данных:

$$K_{\text{пч}} = \frac{2\pi f_{\text{max}}}{U_{f\text{max}}} = \frac{6,28 \cdot 330}{10} = 207,24 \frac{\text{рад/с}}{\text{В}}.$$

В таком случае передачная функция преобразователя частоты имеет следующий вид:

$$W_{\text{пч}}(p) = \frac{207,24}{0,001 \cdot p + 1}.$$

Вентилятор представим безынерционным звеном, преобразующим механическую энергию вращающейся крыльчатки с частотой ω_{вр} в некоторый объем (расход) воздуха. В соответствии с техническими данными используемого вентилятора его производительность составляет 8000 м³/час, что составляет 2,22 м³/с. Выразим угловую скорость двигателя в рад/с. Номинальное число оборотов в рабочей точке составляет 2850 об./мин., = 47,5 об./с, что составляет 298,3 рад/с. Отсюда:

$$K_{\text{вент}} = \frac{\Delta V_{\text{возд}}}{\omega_{\text{вр}}} = \frac{2,22 \text{ м}^3/\text{с}}{298,3 \text{ рад/с}} = 0,00744 \text{ м}^3/\text{рад}.$$

Вентилируемое помещение может рассматриваться как динамическое звено, осуществляющее преобразование концентрации CO₂, поступившей на вход звена в концентрацию CO₂ на его выходе за счет прибавки углекислого газа, выделяемого при дыхании присутствующих в помещении людей. Некоторая инерционность такого

процесса не вызывает сомнений. Поэтому, как и в широко известном случае регулирования температуры воздуха, помещение рассматривается как инерционное звено первого порядка. Однако параметры передаточной функции рассчитываются иначе.

Для оценки постоянной времени звена воспользуемся данными работы [4], согласно которым динамика изменения концентрации CO₂ в помещении связана с характером конвекционных потоков, излучаемых человеком, которые увлекают частицы CO₂ в припотолочную зону. В экспериментах с небольшой комнатой (учебный класс, заполненный 20 учащимися) максимум концентрации CO₂ достигался за 35-40 минут. Т.е. процесс обладает большой инерционностью. В случае вентилируемого помещения, например, кинозала, наполняемость углекислым газом будет происходить быстрее из-за большего количества людей, а движение частиц в припотолочную зону и их перемешивание будет «подстегиваться» воздушными струями, направляемыми системой приточно-вытяжной вентиляции снизу вверх. В первом приближении можно ориентироваться на субъективную оценку качества воздуха, учитывая тот факт, что для подобных помещений ощущение дискомфорта и потребность свежего воздуха наступает через 18-20 минут после заполнения зрителями. Если процесс принять экспоненциальным, то можно определить постоянную времени процесса, составляющую 360 – 400 с.

Коэффициент передачи помещения как динамического звена зависит от объема помещения, количества присутствующих людей и исходной концентрации CO₂ в окружающем пространстве (среднестатистические значения: сельская местность – 350 см³/м³; малые города – 375 см³/м³; мегаполис – 400 см³/м³) [1].

В рассматриваемом случае типовой кинозал объемом 1620 м³ рассчитан на 300 зрителей. Будем также исходить из того, что один человек в спокойном состоянии при выполнении умственной работы выдыхает углекислого газа 45 г/час или 0,0125 г/с [1]. Соответственно, 300 человек при полном заполнении зала произведут 0,0125*300=3,75 г/с CO₂, а за время установления 20 минут, соответственно, 3,75*20*60=4500 г =4,5 кг CO₂. Или при плотности углекислого газа 1,977 кг/м куб., 4,5/1,977=2,276 м куб. Тогда концентрация углекислого газа на выходе помещения объемом 1620 м куб. с учетом исходной концентрации в окружающем пространстве 375 см³/м³ составит:

$$K_{\text{конц.вых}} = 375 + \left(2276 * \frac{1000}{1620} \right) = 1780 \frac{\text{см куб.}}{\text{м куб.}}.$$

Соответственно, числовое значение коэффициента передачи звена:

$$K = \frac{K_{\text{конц.вых}}}{K_{\text{конц.вх}}} = \frac{1780}{375} = 4.746.$$

Вполне очевидно, что передаточная функция помещения будет изменяться в зависимости от наполнения зрителями.

Минимальное значение коэффициента передачи звена достигается при отсутствии зрителей: K_{min}=1.

Ориентируясь на максимальные значения K и T, можно принять:

$$W_{\text{пом}} = \frac{4,746}{400 * p + 1}.$$

Однако необходимо учитывать тот факт, что указанная зависимость коэффициента передачи от числа зрителей приводит к зависимости от этого числа и качественных показателей процесса регулирования. Теоретически это происходит из-за изменения величины коэффициентов характеристического уравнения, описывающего работу системы, и, как следствие, изменения местоположения корней этого уравнения на комплексной плоскости относительно границ устойчивости системы, что влияет на качественные показатели процесса регулирования. Поэтому необходимо убедиться, что показатели качества во всем диапазоне изменения параметров K и T передаточной функции помещения находятся в допустимых пределах. Это можно осуществить, изменяя эти параметры на Simulink-модели «прямым» путем, осуществляя построение и сравнение переходных характеристик, а также выбором типа и параметров регулятора.

Воздуховоды как динамические звенья САУ являются звеньями с транспортным запаздыванием и могут значительно влиять на характер переходных процессов. Передаточная функция такого звена – трансцендентная функция, которая упрощенно может быть представлена в виде:

$$W_{\text{ВВ}}(p) = \frac{K_i * e^{-\tau_3 * p}}{T_i * p + 1},$$

где K_i – коэффициент передачи i-й секции;

T_i – постоянная времени апериодического звена по i-й секции.

Для практического использования в [5] построены зависимости коэффициента передачи K от длины воздуховода l, диаметра d и скорости воздуха V_в, что упрощает расчет. Величина транспортного запаздывания τ₃ определяется как отношение длины воздуховода l к средней скорости движения воздуха. Оценка постоянной времени в этом случае может быть получена из выражения:

$$T = \frac{\tau_3}{25} * \sqrt[3]{d^2},$$

где d – диаметр воздуховода, м.

В исследуемой системе общая длина трех секций составляет 18 м, коэффициент передачи K = PK_i = 0,85, а суммарное время запаздывания T = T_{уч1} + T_{уч2} + T_{уч3} = 0,087 с.

Таким образом,

$$W_{\text{ВВ}}(p) = \frac{0,85}{0,087 * p + 1}.$$

Исследование качественных показателей процесса регулирования системы вентиляции проводилось по приведенной выше модели для трех вариантов регуляторов: П, ПИ и ПИД. Настройка параметров регуляторов осуществлялась приложением «PID Tuner» в автоматическом режиме, который помогает достигнуть баланса между производительностью и робастностью. Приложение является частью программного комплекса «MATLAB», для работы с которым должны быть установлены дополнительные компоненты «Simulink Control Design» и «Control System Toolbox».

На рис. 4 представлен переходной процесс с ПИД-регулятором и параметрами контроллера

$P=123$; $I=0,5$; $D=2270$. Время регулирования составляет 1240с, величина перерегулирования 7.25%. Близкие результаты получены и для варианта с ПИ-регулятором ($P=105$; $I=0,54$) – время регулирования составляет 1190с, а перерегулирование 11.9%. С учетом высокой инерционности объекта регулирования оба варианта являются приемлемыми и могут быть использованы на практике.

В варианте с П-регулятором при высоком значении коэффициента усиления время регулирования может быть уменьшено, однако при этом возрастает перерегулирование, и наблюдается статическая ошибка регулирования.

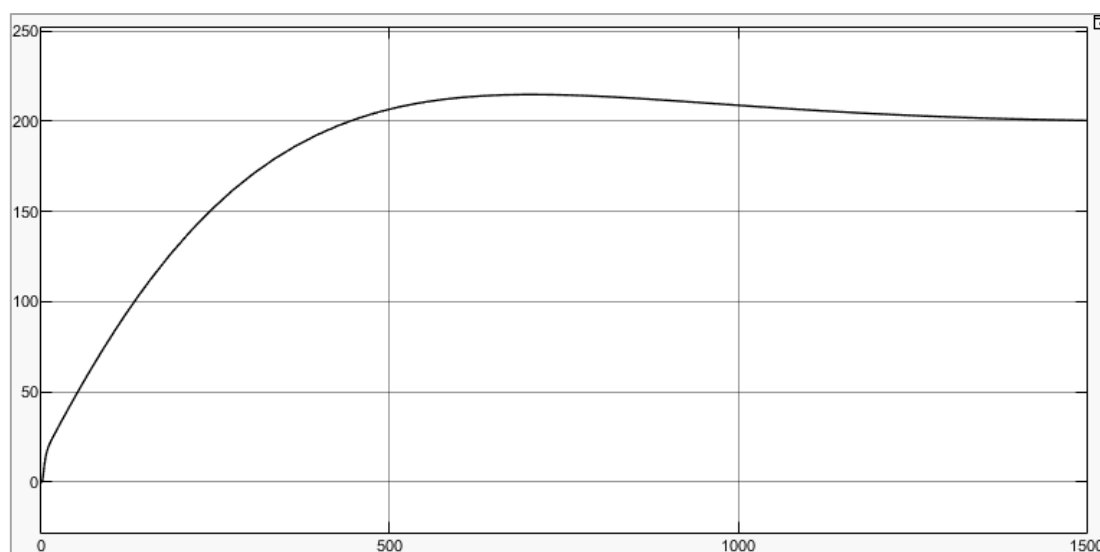


Рис. 4. График переходного процесса САУ качеством воздуха с ПИД-регулятором

Выводы. 1. В работе рассмотрена САУ качеством вентиляции с переменным расходом воздуха и частотно регулируемым электроприводом в зависимости от концентрации CO_2 . Числовые выражения передаточных функций динамических звеньев САУ получены на основе паспортных данных используемого оборудования. Предложены подходы к определению параметров передаточной функции вентилируемого помещения.

2. Система регулирования качества воздуха в зависимости от концентрации CO_2 с приведенными параметрами по инерционности соизмерима с известными САУ температурой вентилируемого воздуха – время регулирования может достигать нескольких сотен секунд и более, что связано в основном с инерционностью процессов перемещения воздушных масс в вентилируемом помещении.

3. Моделирование САУ вентиляцией значительно упрощает процесс выбора типа регулятора и позволяет априорно определить область значений его эффективных параметров для использования в натурных экспериментах при окончательной отладке системы.

4. Анализ качественных показателей САУ в целом свидетельствует об удовлетворительной работоспособности, а ее применение совместно с САУ температурой вентилируемого воздуха обеспечит повышение уровня комфортности для пользователей и снижение энергозатрат.

Л и т е р а т у р а

1. Наумов А.Л., Капко Д. В. CO_2 : Критерий эффективности систем вентиляции. [Электронный ресурс]: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=6024 (дата обращения: 14.09.2022).
2. Stanke, D. Технологии DCV в системах вентиляции. [Электронный ресурс]: https://hvacschool.ru/biblioteka/proektirovshhiku_materiali/proektirovanie_sistem_ovik/tehnologii_dcv_sistemah/ (дата обращения: 10.10.2022).
3. Абакумов А.М., Кузнецов П.В., Курган В.П., Горячкин А.А. Исследование системы стабилизации уровня жидкости в резервуарах // Вестник Самар. гос. техн. ун-та. Сер.: Технические науки. – 2021. – Т. 29. – № 1. – С. 104-117.
4. Сырых П.Ю. Моделирование адаптивной системы вентиляции в помещениях общественных зданий большого объема: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Москва-

2009. [Электронный ресурс]: <https://pandia.ru/text/79/328/1373.php> (дата обращения: 03.11.2022).

5. Сотников А. Г. Автоматизация систем кондиционирования воздуха и вентиляции. – Л.: Машиностроение (Ленинград. отд-ние), 1984. – 240 с.

Kratinov A.G., Sukhov D.A.

ACS FOR THE QUALITY AND AIR CONSUMPTION IN A VENTILATED ROOM CONTROLLED BY CARBON DIOXIDE CONCENTRATION

The article outlines the principles of building ventilation systems with variable air flow (DCV-Demand Controlled Ventilation), and automatic control by the concentration of carbon dioxide in the room. The parameters of the ACS transmission functions are determined, a system model is built in the Simulink emulator environment, the parameters of the transient process are determined, and the stability of the system is investigated.

Key words: CO₂ concentration, energy efficiency, block diagram, simulation scheme, emulator, transfer function, transfer coefficient, time constant, sensor, transient.

Кратинов Александр Глебович, к.т.н., доцент, доцент кафедры автоматизации и компьютерно-интегрированных технологий ГОУ ВО ЛНР «Луганский

государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

E-mail: algkr45@gmail.com

Kratinov Aleksandr Glebovich, Ph.D., associate professor, Associate Professor of the Department of Automation and Computer-Integrated Technologies, SEE HT LPR «Luhansk Vladimir Dahl State University».

Сухов Денис Александрович, ассистент кафедры автоматизации и компьютерно-интегрированных технологий ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

E-mail: prototype256@gmail.com

Sukhov Denis Aleksandrovich, Assistant of the Department of Automation and Computer-Integrated Technologies, SEE HT LPR «Luhansk Vladimir Dahl State University».

Рецензент: Витренко Владимир Алексеевич, д.т.н., профессор, заведующий кафедры «Технология машиностроения и инженерный консалтинг» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

Статья подана 22.11.2022 г.

УДК 621.179

ДАТЧИК КОНТРОЛЯ ДЕФЕКТОВ И ТОЛЩИНЫ СТЕНОК ЦИЛИНДРОВ**Ливцов Ю.В., Яковенко В.В., Додонов В.И.****SENSOR FOR MONITORING DEFECTS AND CYLINDER WALL THICKNESS****Livtsov YU.V., Yakovenko V.V., Dodonov V.I.**

Статья посвящена актуальной теме по разработке нового эффективного неразрушающего метода контроля ферромагнитных деталей цилиндрической формы. Описан датчик контроля наличия скрытых внутренних дефектов цилиндрических деталей, а также определение толщины слоя по остаточной индукции с целью экономии затрат времени на механическую обработку поверхности. Рассмотрена схема обработки сигналов феррозонда. Приведены уравнения по расчету полученных значений индукции.

Ключевые слова: феррозонд, коэрцитивная сила, электромагнит, ферромагнитный материал, магнитное поле.

Введение. Чугун является широко используемым литейным материалом. Требуемую структуру отливок создают их химическим и фазовым составом, термической обработкой. Преимущества чугуна перед сталью – хорошие жидкотекучесть, износостойкость (вследствие собственного смазывающего действия и повышения прочности пленки смазки) и обрабатываемость резанием (графит в чугуне делает стружку ломкой). Нарушения процессов производства недопустимо изменяют структуру и свойства отливок. Измерение механических свойств и структуры трудоемко, непроизводительно, требует разрушения отливки для подготовки микрошлифов или стандартных образцов и исключает ее эксплуатацию. Разнообразие структур чугуна и условий их формирования определяет разнообразие задач и физических методов неразрушающего контроля структуры чугунных отливок.

Анализ последних исследований и публикаций. На производстве для контроля качества изделий наибольшее распространение получили методы, основанные на косвенном определении коэрцитивной силы.

Методы магнитного контроля структурного состояния изделий из конструкционных ферромагнитных материалов по току размагничивания приставных магнитных устройств широко распространены и хорошо освещены в работах М.Н. Михеева, Э.С. Горкунова, В.М. Сомовой, А.П. Ничипурика. Их недостатком, кроме

сильной зависимости результатов измерения от качества магнитного контакта преобразователя с контролируемой поверхностью, является низкая производительность.

Методы контроля изделий из конструкционных ферромагнитных материалов по полю от остаточной намагниченности после намагничивания изделий по методу «точечного полюса» и остаточному магнитному потоку в изделии используют особенности формирования остаточной намагниченности изделий при намагничивании в разомкнутой магнитной цепи.

Несмотря на достаточно широкую проработку в литературе указанной темы, остается ряд нерешенных задач, зачастую связанных с невозможностью применения упомянутых методов в конкретных технологических процессах.

Цель исследования. Исследование проводилось с целью снижения затрат на механическую обработку цилиндрических деталей путем разработки магнитного метода, посредством которого производится измерение толщины детали и наличие скрытых дефектов.

Чугуны – многокомпонентные железные сплавы с содержанием углерода $C \geq 2,14\%$. Основными фазами металлической основы чугуна являются: Феррит: твердый раствор углерода и других элементов в α -железе. Растворимость углерода: 0,1% при 1493 °C; 0,025% при 723 °C и 0,006% при 20 °C. Различают высокотемпературный феррит, обозначаемый δ -феррит, и низкотемпературный α -феррит.

Аустенит: твердый раствор углерода и других элементов в γ -железе. Растворимость углерода до 2,06% при 1147 °C и 0,8% при 423 °C.

- Цементит: карбид железа Fe_3C . В присутствии примесей образуется легированный цементит, например, $(FeMn)_3C$, $(FeCr)_3C$, $(FeMnCr)_3C$. Растворимость углерода 6,67%.

- Перлит: эвтектоидная структура, состоящая из феррита и цементита, имеющая пластинчатую форму. Образуется из аустенита в процессе охлаждения. Для образования перлита в аустените должно быть 0,8% C. Во многих случаях получают зернистый перлит, когда зерна цементита

расположены в ферритной матрице. Различают грубодифференцированный перлит (1,0 мкм), среднедифференцированный сорбитообразный перлит (0,3 мкм) и тонкодифференцированный троостит (0,15 мкм).

• Ледебурит: эвтектическая структура, состоящая из аустенита и цементита, а после охлаждения ниже 727 °С – перлита и цементита. Образуется при содержании в жидком сплаве 4,3% С. При наличии в стали значительных количеств Cr, W, Mo может образоваться при более низких концентрациях углерода [1].

Стенки цилиндра двигателя образуют совместно с поршнем, кольцами и поверхностью камеры сгорания пространство переменного объема, в котором совершаются все рабочие процессы двигателя внутреннего сгорания. Стенка цилиндра должна быть тщательно обработана и образует парус с поршневыми кольцами пару скольжения.

Цилиндры и гильзы цилиндров нагружаются силами давления газов, боковой нагрузкой от поршня и температурной нагрузкой. Переменная по величине и направлению боковая нагрузка вызывает изгиб и вибрацию цилиндра и ослабляет его крепление к картеру. Стенки цилиндра под действием возникающих при движении поршня сил трения подвергаются, кроме того, износу.

Гильзы цилиндров должны быть прочными, жесткими, износостойкими, обеспечивать, возможно, меньшие потери на трение поршня о поверхность цилиндра. Внешняя и внутренняя поверхность гильз должна обладать антикоррозионной устойчивостью. Конструкция гильз должна также обеспечивать надежность уплотнений в местах стыков гильз с головкой и блоком цилиндров.

Гильзы цилиндров могут быть как самостоятельной конструктивной единицей двигателя («мокрые» и гильзы двигателей воздушного охлаждения), так и элементом ремонтной технологии, предусмотренной заводом изготовителем (например: «сухие» гильзы для двигателей, где цилиндры выполнены заодно с блок-картером).

В автомобильных и тракторных двигателях наибольшее распространение получили чугунные гильзы.

Преимущества блоков цилиндров из серого чугуна:

- низкая стоимость;
- высокая технологичность литья;
- стабильность свойств материала;
- высокая твердость и жесткость поверхностей, устойчивость к перегреву;

Главный недостаток чугуна – большая масса (плотность выше в 2,7 раза) и меньшая теплопроводность.

Общий вид гильзы цилиндра изображен на рис. 1.

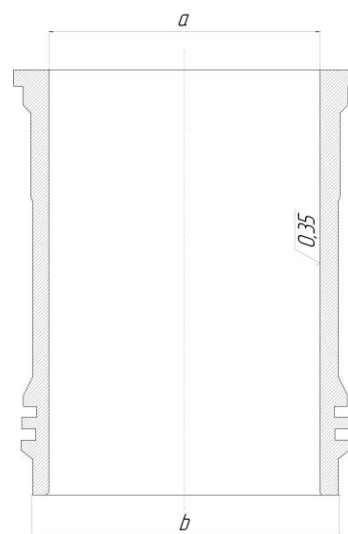


Рис. 1. Общий вид гильзы цилиндра

Гильзы отливают из чугуна высокой прочности или специальных сталей.

Магнитные и электрические свойства чугунов с различной структурой [2].

Таблица 1

Магнитные свойства чугуна				
Тип чугуна	Тип металлической основы	$H_c, A/cm$	μ_m	$M_s, A/cm$
Белый чугун		10,4–12,8	180–200	10350
Серый чугун	Ферритная	2,0–4,0	600–1500	14330
	Перлитная	5,6–10,6	200–450	13930
Высокопрочный чугун	Ферритная	1,2–2,0	1600–2400	15130
	Перлитная	4,0–8,8	300–600	14730
Ковкий чугун	Ферритная	1,2–2,0	1500–2300	14330
	Перлитная	4,0–8,8	300–800	13930

После длительного срока эксплуатации либо в результате механического повреждения рабочей поверхности цилиндра последний подвергается механической обработке расточкой. В результате растачивания поверхности придаются правильная цилиндрическая форма с шероховатостью $R_a = 25-12,5$ мкм. Растачивание производится в какой-либо установленный ремонтный размер, в зависимости от степени износа и отклонения заданных размеров. Так как блок цилиндров выполняется посредством литья с последующей механической обработкой, то тело цилиндров может содержать внутри различные дефекты не видимые на поверхности. Кроме того не всегда представляется возможным определить фактическую оставшуюся толщину стенок, что может привести к вскрытию в канал охлаждения двигателя.

Предлагается применение магнитного датчика дефектов и контроля толщины стенок цилиндров (рис. 2).

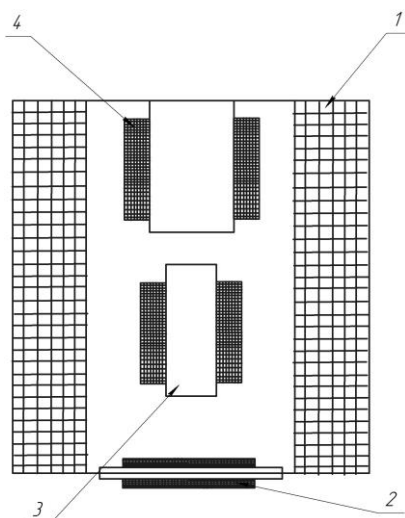


Рис. 2. Датчик контроля дефекта
1 – катушка; 2 – феррозонд диагностики дефекта;
3, 4 – феррозонд для снятия характеристики остаточного поля

Расчет магнитного поля рассеяния производится в трех точках пространства над поверхностью контролируемой детали: $x=0, z=h$; $x=0, y=b_2, z=h$.

Для определения толщины поверхностного упрочненного слоя необходимы измерения, дающие возможность получить линейную комбинацию зависимости двух величин:

$$\begin{aligned} U_r &= a_1 H_\mu + a_2 \Delta_z; \\ U_c &= b_1 H_\mu + b_2 \Delta_z, \end{aligned} \quad (1)$$

где U_r – напряжение градиентомера; U_c – выходное напряжение датчика электромагнитного поля; a_1, a_2, b_1, b_2 – коэффициенты уравнения регрессии сигналов, измеренных на образцовых деталях.

Ряд авторов считает, что трудоемкость вычисления коэффициентов является главным недостатком интегральных методов расчета.

Поэтому необходимо получение аналитических зависимостей для расчета коэффициентов, что сделано в настоящей работе. Напряженность магнитного поля $\bar{H}_p(q)$, создаваемого ферромагнетиком, занимающим объем $\bar{V}$, в точке наблюдения q рассчитывается по формуле:

$$\bar{H}_p(q) = \frac{1}{4\pi} \nabla_q \int_V \bar{M}(\bar{r}) \nabla_q \left(\frac{1}{(\bar{r} - \bar{q})} \right) dV, \quad (2)$$

где ∇_q – градиент скалярной функции, аргументами которой являются компоненты; q_1, q_2, q_3 – точки наблюдения $\bar{q}$;

$\bar{r}$ – радиус-вектор точки интегрирования;

$\bar{M}(\bar{r})$ – вектор намагниченности в точке $\bar{r}$.

Результирующая напряженность поля $\bar{H}_p(q)$ в точке $\bar{q}$ равна:

$$\bar{H}(q) = \bar{H}_0(\bar{q}) + \bar{H}_p(q), \quad (3)$$

где $\bar{H}_0(\bar{q})$ – напряженность магнитного поля стороннего источника.

Выходные сигналы феррозондов подаются на три усилителя высшей гармоники. После усиления сигналы феррозондов попадают на синхронный детектор [3]. В качестве опорного напряжения используется напряжение удвоенной частоты генератора 40 кГц. С синхронных детекторов напряжение подается на УПТ, с выхода которых напряжение по трем каналам поступает на блок цифровой обработки сигналов. В этом блоке аналоговые сигналы преобразуются в цифровые и обрабатываются компьютером (рис. 3).

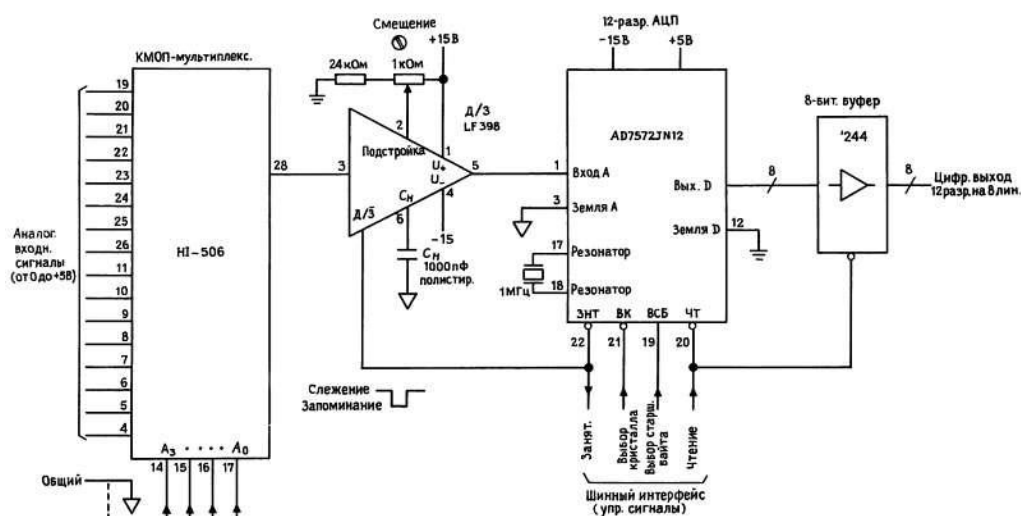


Рис. 3. Схема обработки сигнала

Магнитометрические каналы феррозондов охвачены отрицательной обратной связью, что обеспечивают линейность статической характеристики измерительного устройства в диапазоне $10\text{--}10^3 \text{ А/м}$. Порог чувствительности феррозондового магнитометра $1,5 \text{ А/м}$, коэффициент преобразования $k = 0,81 \text{ Вм/А}$.

Выводы. В результате исследований была предложена система контроля дефектов и толщины слоя металла, которая основана на комбинации двух методов – магнитного импульсного и электромагнитного двухчастотного. Разработана конструкция измерительного преобразователя и схема обработки сигналов измерения.

Л и т е р а т у р а

1. Сандомирский С.Г., ОИМ НАН Беларуси Магнитный контроль структуры стальных и чугунных изделий. Современное состояние/ С.Г. Сандомирский // Литье и металлургия – Минск, 2008. – №2(46) – С.33 - 42.

2. Сандомирский С.Г., ОИМ НАН Беларуси Возможности и ограничения магнитного контроля структуры чугунных отливок/ С.Г. Сандомирский // Литье и металлургия – Минск, 2006. – №2(38) – С.118 - 123.

3. Ливцов Ю.В. Определение толщины упрочненного слоя металла магнитным методом / В.С. Безкоровайный, В.В. Яковенко // Журнал «Известия высших учебных заведений России. Радиоэлектроника». – Санкт Петербург, 2018. – №6. – С. 102 - 110.

Livtsov Yu.V., Yakovenko V.V., Dodonov V.I. SENSOR FOR MONITORING DEFECTS AND CYLINDER WALL THICKNESS

The article is devoted to the actual topic of developing a new effective non-destructive method for testing ferromagnetic cylindrical parts. A sensor is described for monitoring the presence of hidden internal defects of cylindrical parts, as well as determining the layer thickness by residual induction, in order to save time on surface machining. The scheme of

signal processing of ferroprobe is considered. Equations are given for calculating the obtained values of induction.

Key words: *ferrosonde, coercive force, electromagnet, ferromagnetic material, magnetic field.*

Ливцов Юрий Владимирович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Железнодорожный транспорт», ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

E-mail: Liwtsoff@yandex.com

Livtsov Yuri, cand. of tech. sciences, associate professor «Railway transport» Department of SEE HT LPR «Luhansk Vladimir Dahl State University».

Яковенко Валерий Владимирович, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедры «Электромеханика», ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

E-mail: kaf-el-mex@yandex.ru

Yakovenko Valeriy, Dr. Sci., professor, head of the department «Electromechanics» Department of SEE HT LPR «Luhansk Vladimir Dahl State University».

Додонов Валерий Иванович, старший преподаватель кафедры «Железнодорожный транспорт», ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

E-mail: valerchik65@gmail.com

Dodonov Valeriy, Senior Lecturer of the Department of "Railway transport" Department of SEE HT LPR «Luhansk Vladimir Dahl State University».

Рецензент: Витренко Владимир Алексеевич, д.т.н., проф., проректор по научной работе и инновационной деятельности, заведующий кафедрой технологии машиностроения и инженерного консалтинга, ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 15.11.2022

УДК 37.03

ОСОБЕННОСТЬ ФОРМИРОВАНИЯ ЛИЧНОСТНОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ В НАЧАЛЬНОЙ ШКОЛЕ

Лихачёва Е.М., Ищенко Е.А.

PECULIARITIES OF FORMING PERSONAL COMPETENCE OF STUDENTS IN PRIMARY SCHOOL

Likhacheva E.M., Ishchenko E.A.

Данная статья посвящена особенностям формирования личностной компетентности обучающихся в начальной школе. Описаны условия для формирования и развития ключевых и предметных компетентностей младших школьников средствами современного урока и внеурочной деятельности. Рассмотрены критерии современных образовательных технологий. Описана учебная деятельность, которая направлена на расширение видов учебной деятельности, развитие общеучебных умений и навыков, создание условий для индивидуализации обучения.

Ключевые слова: личность, компетентность, начальные классы, оценка, задачи, методы, информационная компетентность, коммуникативная компетентность, социальная компетентность.

Введение. Когда человек пойдет в школу, будет ли он чувствовать себя в безопасности, научится ли думать и действовать самостоятельно? На самом деле в современном мире способность мыслить самостоятельно, на основе знаний и опыта, ценится гораздо выше, чем просто обладание большим объемом знаний без умения применять их для решения проблем в жизни. Поэтому качество образования в настоящее время широко связывают со способностью приобретать новые знания, применять их в реальной жизни с формированием новой системы знаний, навыков и умений, а также с опытом самостоятельной деятельности и личной ответственности обучающихся. Об этом свидетельствует утверждение Федерального стандарта общего начального образования для реализации основного учебного плана общего начального образования.

Для учителей начальных классов приоритеты начального образования остаются прежними – формирование общеобразовательных умений и навыков. Стандарт второго поколения устанавливает требования к успеваемости для учащихся, окончивших начальную школу:

1. Предметные (знание сущности, свойств предметов и явлений действительности, способность субъекта решать свои проблемы).

2. Личностные (формирование учебной мотивации, способности к личностному развитию, социальных навыков).

3. Метапредметные (овладение универсальной учебной деятельностью, в том числе коммуникативной, формирование познавательной компетенции) [2].

Целью данной работы является характеристика основных и предметных компетентностей младших школьников с помощью средств современного урока и внеурочной деятельности. Основные задачи педагогической деятельности: обеспечение ресурсной базы для реализации компетентностного подхода на уроках и во внеурочной деятельности (профессионализм учителя, педагогико-методический комплект, аудитория); практическое использование современных образовательных технологий; создание системы очных и внеаудиторных занятий по обучению основным навыкам обучающихся; наблюдение за развитием компетентной личности учащихся и представление результатов их работы на внешнюю экспертизу. Классный руководитель выполняет главную роль в построении условий образовательного процесса. Именно на уроке педагог организует познавательную деятельность учащихся, формирует и развивает предметные и ключевые компетенции, применяя современные образовательные технологии, создавая психологический комфорт, обеспечивая сохранение здоровья учеников, то есть осуществляет развитие компетентности личности младших школьников [1]. Для этого осваиваются и применяются современные образовательные технологии.

При выборе образовательных технологий необходимо руководствоваться следующими критериями.

1. Организация групповой деятельности, которая представляет собой независимое мышление.

2. Использование реальных проблемных ситуаций при просмотре новых материалов,

организации дебатов, дискуссий и принятии решений.

3. Использование знаний из различных областей для решения проблем.

4. Организация исследовательской деятельности, умение работать с разными источниками информации.

5. Создание условий для самооценки и взаимной оценки принимаемых решений.

К таким технологиям относятся кооперативное обучение, проектный метод, информационно-коммуникационные технологии, здоровьесберегающие технологии, личностно-ориентированные технологии обучения. Особое значение придается использованию информационных и коммуникационных технологий в образовательном процессе.

Важнейшей ключевой компетенцией обучающихся является компетентность в знаниях, потому что умение работать с информацией становится основополагающей интеллектуальной компетенцией. Необходимо тренировать умение работать с разными видами информации: текстовой, объяснительной, графикой, звуком, мультимедией (табл.1).

Таблица 1

Данные информационной компетентности

№	Показатели сформированности информационной компетентности	Средства оценивания
1	Компьютерная грамотность учащихся	Практическая работа
2	Возможность использования нескольких источников информации	Интегрированные самостоятельные работы
3	Умение переводить информацию из одного вида в другую	Творческие задания

Электронные учебно-методические материалы, воспроизведенные на компьютере, установленном в классе, используются для расширения видов учебной деятельности, развития общеобразовательных умений и навыков, создания условий для индивидуализации обучения. Особое внимание направлено на создание условий для самостоятельной образовательной деятельности. Учащиеся начальных классов используют компьютеры на разных этапах урока и работают с электронными учебными материалами [2]. Перечислим основные методы работы с компьютером, которые используются на уроках для развития самостоятельной учебной деятельности учащихся:

1. Развивать индивидуальный самоконтроль и исследовательские навыки.

2. В парах, в группах, путем развития навыков сотрудничества и взаимопомощи.

3. Альтернативные задания по оформлению и презентации творческих проектов.

4. Как источник педагогической информации при групповых и индивидуальных занятиях.

5. Подготовка материала для самопроверки и коллективного обсуждения.

6. Во время одного из этапов интерактивной интеллектуальной эстафеты.

Для практикующего педагога лучше всего использовать информационные технологии на разных этапах урока, но в строгом соответствии с дидактическими принципами развития обучения и безопасности образовательного процесса. Современный урок, который отличается насыщенностью информацией, увеличением самостоятельной учебной деятельностью с различными источниками информации, высокой интерактивностью взаимодействия участников образовательного процесса, то есть расширяя образовательный процесс с помощью информационных технологий, делая его творческим [3].

У обучающихся возникает потребность в новых знаниях, потому их необходимо учить заранее, выбирать источники информации в поисках нового. К таким источникам относятся:

- образовательная литература;
- энциклопедии;
- словари;
- справочники;
- СМИ;
- интернет-ресурсы.

Очень важно научить детей находить нужную информацию при работе с разными источниками, критически оценивать информацию, определять ее достоверность. Такую возможность предоставляют вышеперечисленные источники, ведь в ходе урока при работе с ними можно сравнивать, анализировать и делать выводы на основе данных из разных источников. Ученики получают новую информацию из разных источников и используют разные методы: наблюдение, чтение и письмо, аудирование. Затем он обрабатывает полученную информацию (анализирует, обобщает, классифицирует, сравнивает, устанавливает причину и следствие) для получения желаемого результата [4].

Важным компонентом усвоения знаний обучающихся является преобразование знаний из одной формы в другую и выбор наиболее подходящей для них формы. Это могут быть тексты, таблицы, схемы, рисунки. Необходимо работать с информацией, передавать ее содержание в сжатом и развернутом виде, составлять план текста, составлять сами тексты: тезисы, доклады, сообщения, сочинения различных жанров [5].

В реальной жизни обучающие большую часть времени проводят в небольших группах: в школе, дома, с семьей, с друзьями. Возникает проблема общения, ведения совместной деятельности, принятия самостоятельных и совместных решений,

то есть совместная деятельность занимает значительную часть жизни самых младших школьников. Самым важным навыком в современном мире является умение общаться. Договариваться, выстраивать отношения с окружающими, осваивать принятые нормы поведения в обществе, понимать других, быть терпимым к другой точке зрения – вот основа для формирования коммуникативной компетенции (табл. 2).

Таблица 2

Данные коммуникативной компетентности

№.	Показатели сформированности коммуникативной компетентности	Средства оценивания
1	Умение общаться и работать в группе	Результативность при работе в команде
2	Умение доносить свою позицию до других, владеть всеми видами речевой деятельности	Создание текстов разных речевых жанров (устных и письменных)

Активно используется кооперативный метод обучения на уроках, с 1 класса дети привыкают работать в группах, выполняя одно задание на всех. Обучающиеся понимают, что успех или неудача в достижении общей цели также зависит от степени сплоченности и дружбы, взаимопонимания и согласия их команд [6]. Работая над тренировкой умения общаться и работать в группе, можно основываться на следующих принципах:

- неоднородность групп по успеваемости, полу;
- одно задание на группу;
- необходимость участия каждого члена группы в ее реализации;
- распределение ролей учителем, распределение ролей учениками;
- набор комплекта материалов (текст, задание и т.п.);
- оценка работы, проделанной группой.

Совместная учебно-познавательная и творческая деятельность обучающихся приносит положительные результаты в классе. Дети формируют свою точку зрения, учатся спорить, стараются применять полученные знания в определенных задачах, развивается чувство дружбы и взаимопомощи. Коммуникативная компетентность формируется путем общения с учителем и друг с другом на уроке. Уровень подготовки можно оценить по эффективности участия обучающихся в командных мероприятиях разного уровня, в том числе в интеллектуальных играх, конкурсах [7]. Особое место в формировании коммуникативной компетентности обучающихся в педагогической практике занимают уроки, на которых дети учатся:

- пересказывать текст;
- адекватно воспринимать звучащую речь;

- описывать устно объект наблюдения;
- создавать монологические тексты в форме повествования и описания;
- высказывать оценочные суждения о прочитанном произведении;
- рассуждать, вести диалог;
- владеть нормами речевого этикета в ситуациях повседневного и учебного общения;
- использовать приобретённые в жизни знания и умения.

Ученики начальных классов живут в обществе, и необходимо создать условия для их социализации. Важно научить детей решать типовые жизненные ситуации, связанные с исполнением типовых ролей ученика, одноклассника, члена семьи, потому что в дальнейшем всем им предстоит исполнять в реальной жизни три основные роли: гражданина, рабочего, семьянина. Поэтому важно развивать у детей социальную компетентность (табл. 3) [8].

Таблица 3

Данные социальной компетентности

№	Показатели сформированности социальной компетентности	Средства оценивания
1	Позитивная внеурочная деятельность	Занятость учеников в учреждениях дополнительного образования и результативность в конкурсах и соревнованиях
2	Правовая культура учеников, благоприятный психологический климат	Отсутствие правонарушений у учащихся, мониторинг психолога, отзывы учеников
3	Активное участие учащихся в жизни школы и местного сообщества	Результативность участия в социально направленных мероприятиях
4	Вовлечение родителей в совместную с детьми деятельность для передачи социального опыта	Удовлетворенность родителей результатами формирования социальной компетентности учащихся, отзывы родителей и выпускников
5	Культура здоровья учеников	Занятость учеников в спортивных секциях, мониторинг
6	Самоуправление класса	Действующая система самоуправления класса

Благодаря рассмотренным систематическим занятиям у выпускников начальной школы формируется социальная компетентность.

Выводы. Таким образом, тренируя информационные, коммуникативные и социальные навыки обучающихся начальных классов, педагоги развивают личностные качества младших школьников и готовят их к успешной жизни в

современном обществе, что соответствует требованиям Федерального государственного образовательного стандарта для общего начального образования. Полноценное обучение и оценка личностной компетентности школьников должны осуществляться в условиях тесного сотрудничества всех участников образовательного процесса: обучающихся, их родителей, педагогов, психолога, администрации образовательного учреждения.

Л и т е р а т у р а

1. Асмолов, А.Г. Как проектировать универсальные учебные действия в начальной школе : от действия к мысли : пос. для учителя / А.Г. Асмолов, Г.В. Бурменская, И.А. Володарская [и др.]; под ред. А.Г. Асмолова. – М.: Просвещение, 2008. – 151 с.
2. Виноградова, Н.Ф. Стандарты второго поколения (начальная школа): проблемы и трудности реализации / Н.Ф. Виноградова // Мат. К заседанию Учёного совета ИСМО РАО 28 апреля 2011 г. – С. 198-202.
3. Зимняя, И.А. Ключевые компетенции – новая парадигма результата образования / И.А. Зимняя // Высшее образование сегодня. – 2003. – № 5. – С. 34-42.
4. Маркова, А.К. Психология профессионализма / А.К. Маркова. – М.: Знание, 1996. – 308 с.
5. Медведев, В. Подготовка преподавателя высшей школы: компетентностный подход / В. Медведев, Ю. Татур // Высшее образование в России. – 2007. – № 11 – С. 35-40.
6. Равен, Дж. Компетентность в современном обществе : выявление, развитие и реализация / Дж. Равен. – М., 2002. – 396 с.
7. Холодная, М.А. Предисловие / М.А. Холодная // Равен, Дж. Педагогическое тестирование. – М., 2005. – С. 5-10.
8. Федеральные государственные образовательные стандарты / Министерство образования и науки Российской Федерации [Электронный ресурс] <http://mon.gov.ru/dok/fgos/>

Likhacheva E.M., Ishchenko E.A.
PECULIARITIES OF FORMING PERSONAL COMPETENCE OF STUDENTS IN PRIMARY SCHOOL

This article is devoted to the features of the formation of personal competence of students in elementary school. The conditions for the formation and development of key and subject competencies of younger schoolchildren by means of a modern lesson and extracurricular activities are described. Criteria of modern educational technologies are considered. The educational activity is described, which is aimed at expanding the types of educational activities, developing general educational skills and abilities, creating conditions for the individualization of education.

Key words: *personality, competence, primary school, assessment, tasks, methods, information competence, communicative competence, social competence.*

Лихачёва Екатерина Михайловна, доцент кафедры индустриально-педагогической подготовки ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.
E-mail: likhachova@list.ru

Likhacheva Ekaterina Mikhailovna, associate Professor of the Department of Industrial and Pedagogical Training, SEE HT LPR «Luhansk Vladimir Dahl State University».

Ищенко Елена Анатольевна, старший учитель, учитель начальных классов высшей категории Государственное Учреждение Луганской Народной Республики «Луганское общеобразовательное учреждение – средняя общеобразовательная школа № 6».
E-mail: alenushka971@yandex.ru

Ishchenko Elena Anatolievna, senior teacher, primary school teacher of the highest category of the State Institution of the Lugansk People's Republic «Lugansk educational institution – secondary school No. 6»

Рецензент: Прихода Игорь Викторович, профессор кафедры индустриально-педагогической подготовки ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

Статья подана 15.11.2022

УДК 101.1:316.33

НОНКОНФОРМИЗМ КАК КОНТЕКСТ ПОЛИТИЧЕСКОГО И УСЛОВНОГО ПОСТМОДЕРНА

Лугуценко Т.В., Пиченикова С.Г.

NONCONFORMISM AS A CONTEXT OF POLITICAL AND CONDITIONAL POSTMODERNISM

Lugutsenko T.V., Pichenikova S.G.

Статья посвящена анализу феномена нонконформизма как контекста политического и условного постмодернизма. В рамках исследуемой проблемы рассмотрены ряд специфических особенностей, которые свойственны обществу постмодерна, а также обращено внимание на введение в понятийный инструментарий социальной теории понятий конформизм/нонконформизм. Проанализированы трансформации понятия нонконформизма и масштабные общественные выступления в рамках институционального кризиса модерна и становления современного общества постмодерна. Выявлено, что постмодерн предполагает идейную и аксиологическую плюралистичность, подразумевающую множество вариантов самоидентификации личности.

Ключевые слова: нонконформизм, политический постмодернизм, современное общество, плюралистичность.

Введение. Трансформация социально-политических обществ представлена через динамику нонконформных тенденций. На основании анализа основных тенденций нонконформизма в процессе изменений идентичности и поведения отдельного индивида с учетом комплекса его ценностно-нормативных ориентаций в обществе, в результате волны массовых нонконформистских выступлений конца 60-х годов XX века возникает общество постмодерна, а также возникает феномен контркультуры.

Постмодернизм характерен смешением различных жанров, дискурсов, включенных в научные и философские тексты приемов искусства, литературы, особенно таких как элементы повествования, монтаж и коллаж, аллюзии и метафоры, контекстуальные разрывы, фрагментарность, внесистемность и тому подобное. Социологические литературные источники используют этот термин для того, чтобы обозначить эпоху, которая сменяет модерн, индустриальное общество и является определяющим, означая конец «проекта современности» Нового времени, разворачивающийся в процессе модернизации.

Отличительной особенностью является принципиальный плюрализм и форсированный индивидуализм в качестве основы постмодернистского общества. «Отказ от единственной утопической модели и переход ко множеству самых различных проб свойственны новейшей ситуации в обществе и искусстве» [1, С. 125].

Рассмотрение вопросов относительно нонконформизма формирует новую постнеклассическую парадигму, которая в целом вписывается в неклассическую парадигму научного знания. Противоречие, в которое постмодернистский дискурс вступает с нормативным и с критическим дискурсами относительно нонконформизма, формирует новый понятийный аппарат, который вызвал у теоретиков обширную дискуссию, в ходе которой были выработаны новые подходы к анализу самого общества постмодерна.

Обширная семантика понятия «нонконформизм» продуцирует дискуссионность толкования. Нонконформизм имеет протестное значение и содержание, базовые категории – оппозиционность, неприятие официальной системы норм, ценностей и поведенческих практик, декларация альтернативных парадигм социального развития. В зависимости от сферы применения общий концепт получает дополнительные коннотации. В социально-политическом значении термин «нонконформизм» означает неприятие личностью или сообществом официальной идеологии и дискурса власти, что чревато оппозиционностью и социальным протестом. В аксиологическом плане в единое семантическое поле входят понятия «свободомыслие», «инакомыслие», «духовная свобода», «вольномудство», указывающие ориентацию личности на самостоятельность мышления, независимость творческой и интеллектуальной позиции, свободу.

В зависимости от значения можно проанализировать несколько точек зрения,

связанных с рассмотрением данного феномена как контекст политического и условного постмодерна. В современном обществе интерес к проблеме нонконформизма в политическом контексте систематично смещается от способов распространения идеологии и анализа степени конформности в рамках национальных государств к наднациональному уровню. Потенциальная возможность социального конфликта внутри общества с любой политической организацией и политическим режимом позволяет утверждать наличие социальных феноменов нонконформизма в той степени, в которой обнаруживается возможная острота конфликта.

У истоков идеологии нонконформного движения стояли теоретики неомарксистского толка, которым свойственна марксистская критическая интенция, обращенная к современному репрессивному социальному порядку. Т. Адорно, Л. Альтюссер, И. Валлерстайн, А. Грамши, Д. Лукач, Г. Маркузе – справедливо считают вдохновителями нонконформистского (массового) движения.

Актуальность данной темы заключается в рассмотрении понятия нонконформизма в ракурсе политического и условного постмодерна. Отталкиваясь от понятия конформизма и исследуя связи с этим явлением, необходимо рассмотреть нонконформизм с разных точек зрения, как политического проявления, так и социального, даже бытового.

Целью настоящей работы является рассмотрение и анализ нонконформизма как контекста политического и условного постмодерна.

Человек может быть верным своим личным стандартам, вместо того, чтобы следовать групповым, такой человек придерживается мнения, что нужно бунтовать «против, потому что против». Такой человек не станет смотреть популярный фильм, потому что это делают все остальные, он покажет свою принципиальную позицию, нежелание прогибаться под групповое давление или желание. В повседневной жизни нонконформизм проявляется в нарушении человеком преобладающих стандартов в образе жизни, поведении и прочие. Концепт имеет сложную структуру, в семантику входят система ценностей, характеристика общественно-политической позиции, социального поведения, дискурсивные практики личности или сообщества, идентифицирующих себя по нонконформному типу. Нонконформистский тип личности – характеристика человека, производящего самоидентификацию с опорой на ценности интеллектуальной, нравственной и творческой свободы, самостоятельный выбор ценностно-нормативных ориентиров, независимость от социального давления, критическое отношение к власти, активная гражданская позиция. Нонконформизм – предполагает способность индивида к

самостоятельности суждений и принимаемых решений, готовность действовать вопреки позиции и мнению большинства сообщества, а также умение человека сопротивляться давлению сообщества. Это тип социального ответа обществу, который можно назвать конвергенцией.

Противоречивость современного общества позволяет использовать, комплекс методов различных социологических школ к рассмотрению феномена нонконформизма. Поэтому при изучении феномена нонконформизма можно использовать понятийный инструментарий различных научных школ Р. Мертона, П Штомпки, Г. Маркузе, Ж. Бодрийяра.

В исторической перспективе возникновение феномена нонконформизма следует сравнивать с возникновением протестных западных движений конца 60-х – начала 70-х годов. В основе протестов лежали не экономические, а культурные и политические причины. Такая протестная активность будет сводилась к политическому и ценностно-культурному аспекту. Массовый нонконформизм конца 60-х – начала 70-х годов стал основой для перехода от постиндустриального общества к постмодерну позднему.

В постмодерном обществе большинство людей соотносят себя с нонконформистами. Данная мысли наталкивает на вывод, что современный человек пытается «удариться» в крайности и стремится противостоять любой ситуации или событию, или мнению просто по тому, что остальные согласны. Самоидентификация нонконформистского сообщества корректировалась в процессе коммуникации с политической властью. Нонконформисты осмыслили себя выразителями общественного мнения, способствующими демократизации, либерализации, возвращению социализму его гуманистической сущности. Оппозиционность как главное свойство идентичности нарастала в связи очевидным нежеланием политических сил последовательно проводить реформы. Нонконформисты стремились найти новые модели взаимодействия с политическими силами. Свобода, творческое и нравственное развитие понималось как важнейшие показатели исторической значимости конкретного общества. Поскольку именно человек создает общественные формы, он способен их усовершенствовать. Таким образом, ориентация на преобразование мира в соответствии с логикой исторического процесса и гуманистическим характером социалистического общества закладывалось в программу формирования личности. Эти мировоззренческие принципы нонконформисты реализовывали в гражданской позиции.

Основной социальной категорией постмодернистской социологии является «масса» – это бесструктурность и хаотичность, «молчаливость» (Ж. Бодрийяр), приходящие на

смену состоянию классового антагонизма между крупными социальными образованиями – классами, в котором пребывало буржуазное капиталистическое общество, знаменуя собой «конец социального. По мнению Ж. Бодрийяра, в результате деградации «социального» – «с развитием социальности развивалось и сопротивление ей, и последнее прогрессировало еще более быстрыми темпами, чем сама социальность» [2]. Таким образом, данное явление носит характер гиперреальности (симуляция реальности). Роль неконформизма в постмодернистской социологии сводится к критическому дискурсу и становится проблемой отношений власти с подчиненными.

«Антинормативистская установка», по мнению Э. Лакло, характерна для постмодерна, а сам термин «постмодерн» является указанием на «исчезновение универсального нормативного горизонта...» [3]. Таким образом, проблематика неконформизма проявляет себя в отношении феномена власти. Неконформность рассматривается в качестве «несогласия» по отношению к структуре властных отношений, а сам «неконформизм» является скорее всего феноменом индивидуальным.

В поле научного интереса представляется возможным также рассмотреть теорию «мемов» (Р. Докинз «Эгоистичный ген»), в котором Р. Докинз предлагает рассмотреть «мемы» (социальная практика, религиозная идея) как самостоятельные носители культурной информации, которые как культурные элементы стремятся к собственному сохранению и воспроизводству [4, С. 15]. Человек является лишь пассивным переносчиком культурной информации – «мема» и оказывается вне контекста рационального действия.

Общество постмодерна предполагает фрагментарность, клиповость, мозаичность и ценностную нейтральность, а значит – сама суть проблематики неконформизма в обществе постмодерна имеет определенные различия в контексте нормативного дискурса. В результате нормативный дискурс о неконформизме принадлежит философскому проекту на аксиологическом уровне.

Результаты исследования. В рамках исследуемой проблематики неконформизма следует обратить внимание на ряд особенностей, которые свойственны обществу постмодерна. Прежде всего следует указать на фрагментарность и множественность, а также наличие социальной динамики, где массы выступают в качестве социального субстрата общества постмодерна. Кроме того, постмодерн предполагает идейную и аксиологическую плюралистичность, подразумевающую множество вариантов самоидентификации личности. Человек постмодерна сочетает в себе ряд идентичностей сразу (Р. Мертон). Постоянная смена социальных ролей, политических и культурных идентичностей несет в себе также регулярную смену ценностных и

нормативных ориентаций. Поэтому при отсутствии острого внутреннего конфликта, вызванного несовместимостью ролевых моделей, вместо «неконформности» как характеристики социального поведения уместнее говорить о поведенческой индифферентности. Такая поведенческая индифферентность предполагает, что в обществе постмодерна неконформное поведение тоже может быть формой конформизма [5, С. 65-87].

Выводы. 1. На основании анализа основных тенденций неконформизма в процессе изменений идентичности и поведения отдельного индивида с учетом комплекса его ценностно-нормативных ориентаций в обществе показано, что в результате волны массовых неконформистских выступлений возникает общество постмодерна, а также возникает феномен контркультуры.

2. Массовое контркультурное движение возникает в связи с распадом западных обществ. Распад обусловлен возникшими социальными, политическими и культурными проблемами.

3. Трансформации понятия неконформизма и масштабные общественные выступления можно анализировать в рамках институционального кризиса модерна и становления современного общества постмодерна.

Литература

1. Вельш, В. «Постмодерн». Генезология и значение одного спорного понятия / В. Вельш. // Путь. № 1. – М.: 1992. – С. 109-136.
2. Бодрийяр, Ж. В тени молчаливого большинства, или конец социального. / Ж. Бодрийяр [Электронный ресурс] http://www.gumer.info/bogoslov_Buks (дата обращения: 11.10.22)
3. Laclau, E. Hegemony and Socialist Strategy / E. Laclau, Ch. Mouffe. – London; New-York: Verso, 1985. – 201 p.
4. Рашкоф, Д. Медиавирус / Д. Рашкоф. – М.: Ультракультура 2.0., 2003. – 394 с.
5. Молодежные практики в современном обществе: междисциплинарный диалог: монография / под ред. С.Б. Кожевникова. – М.: МГПУ, 2018. – С. 65-87.

Lugutsenko T.V., Pichenikova S.G. NONCONFORMISM AS A CONTEXT OF POLITICAL AND CONDITIONAL POSTMODERNISM

The article is devoted to the analysis of the phenomenon of nonconformism as a context of political and conditional postmodernism. Within the framework of the problem under study, a number of specific features that are characteristic of postmodern society are considered, and attention is also paid to the introduction of conformism/nonconformism concepts into the conceptual tools of the social theory. Transformations of the concept of nonconformism and large-scale public speeches can be analyzed within the framework of the institutional crisis of modernity and the formation of a modern postmodern society. It is revealed that postmodernism presupposes ideological and axiological pluralism, implying a variety of options for self-identification of the individual.

Key words: nonconformism, political postmodernism, modern society, pluralism.

Пиченикова Светлана Григорьевна, старший преподаватель кафедры «Культурологии и музыкознания» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный педагогический университет», г. Луганск.
E-mail: pichenikova_svet@mail.ru

Pichenikova Svetlana Grigorievna, Senior Lecturer of the Department of Cultural Studies and Musicology State Educational Establishment of Higher Education «Luhansk State Pedagogical University».

Лугуценко Татьяна Валентиновна, доктор философских наук, профессор, зав. кафедрой «Философии» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный педагогический университет».

E-mail: telfira@yandex.ru

Lugutsenko Tatiana Valentinovna, doctor of Philosophy, Professor, Head of the Department of Philosophy Studies and Musicology State Educational Establishment of Higher Education «Luhansk State Pedagogical University»

Рецензент: Попов Василий Борисович, доктор философских наук, доцент кафедры философии ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный педагогический университет», г. Луганск.

Статья подана 20.11.2022

УДК 620.179.14

К РАСЧЕТУ НАПРЯЖЕННОСТИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ, ИНДУЦИРОВАННОГО ФЕРРОМАГНИТНЫМИ ТЕЛАМИ В СЕРДЕЧНИКАХ ФЕРРОЗОНДОВ

Мирошниченко О.Н., Шатова Н.А., Рубинская И.Ю.

TO CALCULATE THE MAGNETIC FIELD STRENGTH INDUCED BY FERRO-MAGNETIC BODIES IN THE CORES OF FERROSONDES

Miroshnichenko O.N., Shatova N.A., Rubinskaya I.Yu.

Представлена математическая модель формирования магнитного поля в сердечниках феррозондов, создаваемого намагниченными ферромагнитными телами произвольной формы. Математическая модель основана на теории взаимности К. М. Поливанова модифицированного вида. Модификация заключается в том, что вместо вектора напряженности поля используется скалярный магнитный потенциал. Математическая модель позволяет при расчете функции преобразования феррозонда получить аналитические зависимости.

Ключевые слова: феррозонд, магнитное поле, функция преобразования, теория взаимности, ферромагнитное поле, сердечник, уравнение Фредгольма.

Введение. Феррозонды в качестве датчиков ферромагнитных тел (ФТ) используются в металлоискателях различного назначения, а также как датчики механических величин, таких как измерители скорости вращения зубчатых колес, датчики положения и перемещения ФТ [1; 2].

При использовании феррозондов как магнитов-датчиков общим является следующее:

- высокий энергетический уровень выходных сигналов, что обеспечивает возможность эксплуатации при наличии электромагнитных полей;

- простота схем генератора и обработки выходных сигналов.

Этим условиям вполне удовлетворяют феррозонды с однополярным импульсным возбуждением (ОИВ) [3].

Выбор параметров магнитной системы феррозондов зависит от размеров и форм ФТ, а также от расстояния между феррозондом и ФТ. Для рационального выбора параметров магнитной системы требуется расчет магнитного поля в системе феррозонд – ФТ.

Целью работы является разработка математической модели магнитной системы феррозонд – ФТ, необходимой для определения функции преобразования феррозонда.

Изложение основного материала и результаты исследований. Упрощенная схема

магнитной системы феррозонд – ФТ представлена на рис. 1.

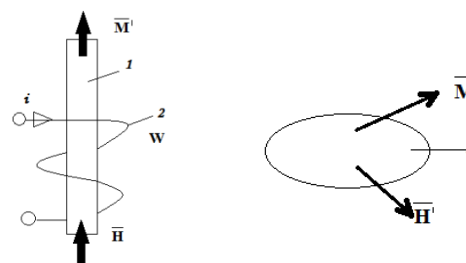


Рис. 1. Упрощенная схема магнитной системы феррозонд – ФТ:

- 1) сердечник полиэлемента феррозонда;
- 2) выходная обмотка;
- 3) ФТ

Сердечник полиэлемента 1 феррозонда намагниченностью ФТ индуцирует магнитный поток, создаваемый полем возбуждения, за счет чего в обмотке 2 возникает выходной сигнал. Магнитное поле ФТ непосредственно с обмоткой W не взаимодействует.

Обмотка датчика может иметь размеры, значительно превышающие размеры сердечника, и располагаться на сердечнике произвольно, то есть не только симметрично в центре сердечника, но и со смещением к его краю.

В дальнейшем принимаются следующие допущения: намагниченность сердечника, созданная измеряемым полем, является величиной постоянной по длине сердечника, и направление вектора намагниченности совпадает с осью сердечника.

Величина намагниченности M связана с напряженностью поля в сердечнике H соотношением (1):

$$M = (\mu_{\text{ф}} - 1)H \approx \mu_{\text{ф}}H, \quad (1)$$

где μ – относительная магнитная проницаемость сердечника феррозонда.

Методика расчета величины μ_Φ для сердечника с прямоугольным и круглым сечением достаточно полно изложена в [1; 2].

Магнитное поле, создаваемое намагниченным сердечником, аппроксимируется полем двух плоскостей, на поверхности которых нормальная составляющая вектора намагниченности M_n . Скалярный магнитный потенциал φ , создаваемый намагниченным сердечником, равен:

$$\varphi = \frac{1}{4\pi} \int_S \frac{M_n}{|R_Q - R_P|} ds', \quad (2)$$

где S – площадь торцов сердечников;

Q, P – точки наблюдения источника.

Основным соотношением, дающим возможность определить величину напряженности магнитного поля в сердечниках феррозонда, является (3) (теорема взаимности) [1]:

$$\int_{V'} \bar{H}' \bar{M}' dV = \int_V \bar{H}' \bar{M} dV, \quad (3)$$

где $\bar{H}$ – напряженность поля в сердечниках феррозонда;

$\bar{M}$ – намагниченность ФТ;

$\bar{H}'$ – напряженность, созданная в ФТ намагниченностью $\bar{M}'$ в сердечнике феррозонда.

Равенство (3) можно преобразовать, при условии, что в пределах ФТ $\text{div} \bar{M} = 0$ [2]:

$$\int_{V'} \bar{H}' \bar{M}' dV = \oint \varphi' M_n dS, \quad (4)$$

где φ' – скалярный потенциал, создаваемый намагниченностью сердечника ФТ:

M_n – нормальная составляющая намагниченности на поверхности ФТ;

S – площадь торца сердечника феррозонда.

При условии, что векторы $\bar{H}$ и $\bar{M}'$ коллинеарны и постоянны по объему сердечника ФТ, получается (5):

$$H = \frac{1}{M' V'} \int_S \varphi' M_n dS, \quad (5)$$

Магнитный поток в выходной обмотке феррозонда рассчитывается по формуле (6):

$$\Phi = \frac{M_0}{iw} \int_V H M dV, \quad (6)$$

где $i w$ – ампер-витки обмотки, которые создают магнитное поле напряженностью H ;

M – намагниченность сердечника;

V – объем сердечника.

Величина нормальной составляющей намагниченности на поверхности ФТ находится путем решения интегрального уравнения Фредгольма первого рода (7):

$$\frac{1}{4\pi} \oint_S \frac{M_n}{|R_Q - R_P|} dS' = \varphi + \varphi_0, \quad (7)$$

где φ_0 – потенциал намагничивающего поля.

Методика численного решения интегрального уравнения представлена в [5].

Выводы. Разработанная математическая модель определения напряженности магнитного поля в сердечниках феррозонда позволяет определить рациональные геометрические параметры магнитных систем феррозонда в устройствах измерения неоднородных магнитных полей.

Л и т е р а т у р а

1. Безкоровайный, В. С. Повышение помехоустойчивости феррозондовых дефектоскопов к магнитным полям помех [Электронный ресурс] : дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.11.13 / Владимир Сергеевич Безкоровайный ; науч. рук. Яковенко В. В. ; Восточноукр. нац. ун-т им. В. Даля. – Северодонецк, 2015. – 170 с.
2. Загидулин, Р. В. Распознавание дефектов сплошности в ферромагнитных изделиях : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.11.13 / Р. В. Загидулин ; ЗАО «Науч.-исслед. ин-т Интроскопии МНПО «Спектр». – Уфа : Изд-во Башк. ун-та, 2001. – 47 с.
3. Яковенко, В. В. К расчёту коэффициента преобразования магнитомодуляционных измерительных преобразователей с импульсным возбуждением / В. В. Яковенко, В. Ф. Павлюков, Н. Г. Воробьёв // Приборостроение. – 1983. – № 5. – С. 32-36.
4. Поливанов, К. М. Теоретические основы электротехники. Часть 3. Теория электромагнитного поля: учебник / К. М. Поливанов. – М. : Энергия, 1969. – 352 с.
5. Яковенко, В. В. Определение параметров упрощённой схемы замещения цепи, содержащей индуктивность с сердечником, в импульсном режиме / В. В. Яковенко // Электромеханика. – 1984. – № 3. – С. 91-94.

**Miroshnichenko O.N., Shatova N.A.,
Rubinskaya I.Yu.**

TO CALCULATE THE MAGNETIC FIELD STRENGTH INDUCED BY FERRO-MAGNETIC BODIES IN THE CORES OF FERROSONDES.

To calculate the magnetic field strength induced by ferromagnetic fields in the cores of ferrosendes. A mathematical model of the formation of a magnetic field in the cores of ferrosendes created by magnetized ferromagnetic bodies of arbitrary shape is presented. The mathematical model is based on the theory of reciprocity of K. M. Polivanov of a modified form. The modification is that instead of the field strength vector, a scalar magnetic potential is used. The mathematical model makes it possible to obtain analytical dependencies when calculating the function during the formation of a ferrosende.

Keywords: ferroprobe, magnetic field, transformation functions, reciprocity theory, ferromagnetic field, core, Fredholm equations.

Мирошниченко Ольга Николаевна, кандидат технических наук, доцент кафедры электромеханики ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля.
E-mail: abc1922@mail.ru

Miroshnichenko Olga Nikolaevna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Electromechanics of the SEE HT LPR «Luhansk Vladimir Dahl State University».

Шатова Наталья Александровна, кандидат технических наук, доцент кафедры электромеханики ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

E-mail: nzhuchenko@mail.ru

Shatova Natalia Aleksandrovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Electromechanics of the SEE HT LPR «Luhansk Vladimir Dahl State University».

Рубинская Ирина Юрьевна, аспирант кафедры электромеханики ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

E-mail: rubinskaya.i@list.ru

Rubinskaya Irina Yuryevna, postgraduate student of the Department of Electromechanics of the SEE HT LPR «Luhansk Vladimir Dahl State University».

Рецензент: Витренко Владимир Алексеевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технология машиностроения и инженерный консалтинг», проректор по научной работе и инновационной деятельности ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

Статья подана 06.12.2022

УДК 388.2

АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ТРАНСПОРТА

Михайлова И.Г.

ANALYSIS OF INDICATORS AND METHODS OF DETERMINATION TRANSPORT EFFICIENCY

Mihajlova I.G.

В работе рассмотрена необходимость совершенствования системы технико-экономических показателей, а также разработки специальных критериев, характеризующих качество транспортного обслуживания. Рассмотрен физико-экономический подход при разработке показателей и критериев эффективности, предложена оценка эффективности работы транспорта на основе определения структуры эксплуатационных и приведенных затрат, выраженных в энергетических эквивалентах. Показано, что в современных условиях в факторном анализе эксплуатационных затрат и динамики грузооборота необходим учёт влияния применения информационных технологий, позволяющих улучшить данные показатели. Методологической основой исследований и разработки критериев и показателей эффективности работы транспорта являются теория эффективности, энергетическая теория стоимости и технологии анализа данных.

Ключевые слова: транспорт, показатель, эффективность, грузооборот, затраты, энергия, эквивалент.

Введение. Транспортные средства и коммуникации характеризуются высокой капиталоемкостью. Высокая инвестиционная составляющая по транспорту и постоянный рост объемов перевозок вызывают необходимость более эффективного его использования [1, 2]. Особую значимость приобретает вопрос оценки эффективности использования магистральных видов транспорта. Проблема оценочных показателей эффективности, в частности связанных с магистральными перевозками, остается достаточно актуальной [3].

Цель работы – анализ показателей, критериев и методов определения эффективности работы транспорта в транспортных системах.

Задача исследований – на основе анализа установить направления совершенствования показателей и методов определения эффективности работы транспорта и методологическую основу их разработки.

Изложение основных материалов. Существует значительное количество показателей и

критериев эффективности работы транспорта, а также подходов в их классификации, представленных, например, в [1-7]. В исследовании эффективности грузовых перевозок [7] показатели и критерии представлены двумя основными группами:

– зависящие только от особенностей конструкций. Для этого направления эффективность оценивается через приведенные затраты на единицу транспортной работы, а в затраты включается дорожная составляющая и затраты на погрузочно-разгрузочные работы;

– зависящие от организации технической эксплуатации и организации перевозочного процесса. В этом случае эффективность перевозок оценивается через производительность и себестоимость.

Однако, например, определение эффективности через минимум приведенных затрат в некоторых случаях противоречит технической политике и не может соответствовать требованиям оптимизации технических средств [8, 9]. Также ввиду влияния на производительность и себестоимость множества факторов высшая производительность единицы подвижного состава (ПС), как правило, не определяет минимальной себестоимости единицы работы. Поэтому существуют затруднения в определении – что же эффективнее – высокая производительность или минимальная себестоимость единицы работы [7].

В отношении актуальности работы известны исследования академика Л.В. Канторовича [10]. В частности, он отмечал, что «... следует разрабатывать специальные показатели, характеризующие качество транспортного обслуживания. Как известно, транспорт относится к числу отраслей, где впервые стал использоваться экономико-математические методы или подходы. К сожалению, несмотря на это, сфера их практического применения явно недостаточна». Поэтому предлагались новые показатели и системы показателей эффективности грузовых перевозок.

Например, известно, что себестоимость C единицы транспортной работы считается

обобщающим показателем эффективности использования транспорта [11, 12] и определяется как соотношение эксплуатационных затрат $\mathcal{E}$, к грузообороту P ($C = \mathcal{E} / P$, ткм, т.е. соотношение «цена/качество» или затраты к результату). Данный показатель является осмысленным с экономической точки зрения, однако, противоречит теории эффективности согласно которой, эффективность — это соотношение между достигнутым результатом и использованными ресурсами, на основе ISO 9000:2015.

Разрешение такого противоречия возможно на основе физико-экономического подхода (энергоэкономического метода). В настоящее время, наряду с общепринятыми методами оценки технико-экономической эффективности по стоимостным показателям, в мировой практике применяются показатели, отражающие соотношение аккумулированной в услугах и продукции и затраченной на их создание энергии. Это дает возможность более точно определить и сократить не только прямые затраты энергии на технологический процесс, но и энергию, аккумулированную в средствах производства и производимой продукции.

Преимущество энергетической оценки перед стоимостной заключается в том, что такая оценка более объективна из-за отсутствия влияния конъюнктурных и инфляционных колебаний цен, связанных с ситуацией в экономике или с политикой ценообразования, из-за отсутствия надбавок, например на торговую марку. К тому же на основе энергетической оценки естественнее судить об эффективности технологий или машин [13, 14].

Такой подход, или энергетический анализ, является одним из наиболее объективных методов оценки состояния и развития экономики в целом и по ее отдельным отраслям и показателям, а также и для определения эффективности конкретных технических средств и технологий. Предложены различные методики расчёта эксплуатационных, полных и приведенных затрат в универсальном энергетическом выражении [15-17].

При этом определяются затраты энергии (полная энергоёмкость) на основе применения энергетических эквивалентов, соответствующих энергетическим затратам и овеществленных в производственных ресурсах. Рассчитываются величины энергетических эквивалентов материальных средств, участвующие в различных видах производства. При таком подходе к расчету, например, эксплуатационных или приведенных затрат каждый показатель представляется в виде его энергетической характеристики, полученной на основе соответствующих энергетических эквивалентов [18].

Таким образом, применение энергетических эквивалентов дает возможность все виды работ и затрат привести к общему показателю – Джоулю. Энергетические показатели позволяют дать сравнительную оценку затрат (унифицировать их

выражение), представленных в различных единицах при использовании той или иной технологии, в частности расхода топлива (л, кг), живого труда (чел-ч.), техники (мото-ч.), в единых энергетических единицах – МДж.

Энергоэкономический подход также даёт возможность разрабатывать специальные показатели и критерии, характеризующие качество и эффективность работ, проектов и технологий. Например, на основе выявления физического смысла технико-экономических критериев и показателей, характеризующих конструкции и работу транспортно-технологических машин, установлено [19], что большинство рассматриваемых показателей находится в отношении взаимно однозначного соответствия (изоморфизма) с классическими физическими категориями. Так, например, известно, что грузооборот является основным показателем работы, планируемым на всех уровнях управления [5]. Умножая значение грузооборота на ускорение свободного падения g (по аналогии с выражением для потенциальной энергии), можно привести показатель грузооборота к явному физическому (энергетическому) смыслу, соответствующему выражению для потенциальной энергии, или $E_n = mgl$, Дж, где $P = ml$, ткм (кгм). При этом получается показатель работы (энергии) по грузообороту, что дает возможность предложить, например, такой обобщающий показатель, как эффективность транспортного процесса, или $\mathcal{E}_{mn} = P / \mathcal{E}$, при переводе показателя эксплуатационных затрат в единицы работы (энергии).

Поэтому на основе предложенного обобщающего показателя эффективности $\mathcal{E}_{mn}$, имеют место, согласно теории эффективности, три аспекта понятия эффективности:

- эффективность как отношение результата к затратам на его достижение (что предполагает определение показателей производительности и рентабельности использования ресурсов);

- эффективность как характеристика состояния технико-экономической системы (ТЭС);

- эффективность как мера приближения к желаемому (оптимальному) состоянию ТЭС (предполагает определение КПД ТЭС).

Предложенный показатель и аспекты его рассмотрения соответствуют концепции Л.В. Канторовича, который отмечает, что «...особенно важно скорейшее совершенствование всей системы технико-экономических показателей, используемых на транспорте, ее обогащение за счет методического совершенствования и большей научно - обоснованной дифференциации, улучшение статистики на транспорте».

Такое усовершенствование всей системы технико-экономических показателей, используемых на транспорте, позволит также улучшить анализ эффективности работы транспорта.

Исходя из структуры предложенного обобщающего показателя $\mathcal{E}_{mn}$, повысить эффективность работы транспорта возможно увеличением грузооборота и (или) уменьшением величины эксплуатационных затрат. Некоторые направления повышения эффективности (согласно факторному анализу грузооборота) хорошо известны и рассмотрены в значительном количестве исследований, например, в [20-22] и других.

Если рассматривать повышение эффективности работы транспорта и транспортных предприятий с позиций X -эффективности [23], в частности путём стимулирования организационных улучшений или внутрипроизводственных инноваций, то в настоящее время актуальным является применение информационных технологий и количественная оценка такого применения, например, на основе статистического подхода или технологий Data mining, в факторном анализе грузооборота и эксплуатационных затрат.

Выводы. На основе проведенного анализа выявлены следующие факты в отношении показателей, критериев и методов определения эффективности работы транспорта, требующие дальнейшей систематизации и методологического обоснования:

- установлена необходимость совершенствования всей системы технико-экономических показателей, а также разработки специальных показателей, характеризующих качество транспортного обслуживания. Методологической основой здесь являются аналогии, теория эффективности и теория размерностей;

- рассмотрен физико-экономический подход при разработке показателей эффективности, предложена оценка эффективности работы транспорта на основе определения структуры эксплуатационных и приведенных затрат, выраженных в энергетических эквивалентах. Методологической основой такого подхода является энергетическая теория стоимости;

- показано, что в современных условиях в факторном анализе эксплуатационных затрат и грузооборота необходим учёт влияния внедрения информационных технологий, позволяющий улучшить данные показатели. Это возможно на основе применения методологии анализа данных.

Л и т е р а т у р а

1. Афанасьев, Л. Л. Единая транспортная система и автомобильные перевозки: Учебник для студентов вузов / Л. Л. Афанасьев, Н. Б. Островский, С. М. Цукерберг. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1984. – 333 с.
2. Савин, В. И. Перевозки грузов автомобильным транспортом : справочное пособие / В. И. Савин, Д. Л. Щур. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Дело и Сервис, 2007. – 543 с.
3. Ивашко, В. С. Показатели эффективности использования транспортных средств / В. С. Ивашко, А. С. Гурский, А. Н. Мальцев // Изобретатель. – 2017. – № 10

(214). – С. 26–30.

4. Никоноров, В. М. Показатели эффективности грузовых автомобильных перевозок / В. М. Никоноров // ВОПРОСЫ СОВРЕМЕННОЙ НАУКИ И ПРАКТИКИ. УНИВЕРСИТЕТ ИМ. В. И. ВЕРНАДСКОГО. – ТАМБОВ, 2011. – № 4 (35). – С. 87-94.

5. Маркунтович, Ф. Д. Взаимодействие видов транспорта: учебное пособие / Ф. Д. Маркунтович, Ю. Г. Семин, О. И. Кичкина // Луганск: Издательство Восточноукраинского национального университета имени В. Даля, 2005. – 136 с.

6. Никоноров, В. М. Экономическая эффективность грузовых автомобильных перевозок / В. М. Никоноров // НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ВЕДОМОСТИ С.-ПБ. ГПУ. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ. – САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, 2011. – № 5 (132). – С. 245-250.

7. Квитко, Х. Д. Эффективность использования грузовых автомобилей / Х. Д. Квитко. – М.: Транспорт, 2003. – 174 с.

8. Нагирный, Ю. П. Системный подход, цели и критерии в инженерной деятельности : [занятие 2] / Ю. П. Нагирный // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – Москва, 1989. – № 9. – С. 9–12.

9. Ксенович, И. П. К прогнозированию машинно-тракторного парка / И. П. Ксенович, В. В. Гуськов, Н. Е. Андриков, В. В. Яцкевич // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – Москва, 1979. – № 12. – С. 3–4.

10. Канторович, Л. В. Проблемы эффективного использования и развития транспорта / Л. В. Канторович. – М.: Наука, 1989. – 304 с.

11. Анализ использования грузового автотранспорта : [сайт StudRef]. – URL : https://studref.com/371182/ekonomika/analiz_ispolzovaniya_gruzovogo_avtotransporta

12. Анализ грузооборота (лекция): [сайт StudFiles]. – URL : <https://studfile.net/preview/1731048/>

13. Миндрин, А. С. Энергоэкономическая оценка сельскохозяйственной продукции: 08.00.05 : автореф. дисс. ... д-ра. экон. наук / А. С. Миндрин; ВНИЭТУСХ. – Москва, 1997. – 36с.

14. Розин, С. Е. Введение в энергетическую теорию стоимости / С. Е. Розин, Я. М. Щелоков, В. Г. Лисиенко. – 3-е изд., доп. – Екатеринбург: РУО АИН им. А. М. Прохорова. – 2019. – 67 с.

15. Самойлова, Н. В. Методика энергоэкономической оценки сельскохозяйственного производства через энергетические эквиваленты стоимости продукции отраслей / Н. В. Самойлова // Известия ТСХА. – Москва, 2013. – Вып. 6. – С. 94–100.

16. Усенко, А. В. Экономические аспекты повышения энергетической эффективности производства сельскохозяйственной продукции: 08.00.05 : автореф. дисс. ... канд. экон. наук / А. В. Усенко. – Луганск, 2004. – 19 с.

17. Щитов, С. В. Энергетическая оценка транспортно-технологического обеспечения производства сельскохозяйственных культур / С. В. Щитов, З. Ф. Кривуца // Вестник КрасГАУ. – Красноярск, 2011. – № 11(62). – С. 180-185.

18. Миндрин, А. Энергетические эквиваленты производства продовольствия / А. Миндрин // Международный сельскохозяйственный журнал. – Москва, 1996. – № 2. – С. 42–45.

19. Панков, А. А. Систематизация технико-экономических критериев транспортно-технологических средств на основе физических размерностей / А. А.

Панков, В. П. Ермак, А. В. Щеглов // Вестник ЛГУ имени В. Даля. – Луганск, 2020. – № 12 (42). – С. 205-209.

20. Краковский, Ю. М. Разработка многофакторных моделей прогнозирования грузооборота и объема перевезенных грузов / Ю. М. Краковский, Т. Давааням // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2014. – № 4 (44). – С. 110-113.

21. Королёв Ю.Ю. Методика анализа эффективности использования грузового автотранспорта сельскохозяйственных организаций / Логистические системы и процессы в условиях экономической нестабильности [Электронный ресурс] – URL : <https://elibr.bsu.by/handle/123456789/189038>

22. Горскина, А. В. Особенности экономического анализа грузоперевозок автотранспортных предприятий / А. В. Горскина, А. Ю. Курносова // Политика, экономика и инновации. – 2017. – № 2 (12). – С. 1-7.

23. Кирдина, С. Г. X-эффективность и X-экономики: синтез теоретических подходов / С. Г. Кирдина // Экономический вестник Ростовского государственного университета. – 2007. – № 2. – С. 9–26.

Mihajlova I. G.

ANALYSIS OF INDICATORS AND METHODS OF DETERMINATION TRANSPORT EFFICIENCY

The paper considers the need to improve the system of technical and economic indicators, as well as the development of special criteria characterizing the quality of transport services. The physico-economical approach to the development of performance indicators and criteria is

considered, an assessment of the efficiency of transport is proposed based on the determination of the structure of operational and reduced costs expressed in energy equivalents. It is shown that in modern conditions, in the factor analysis of operating costs and cargo turnover dynamics, it is necessary to take into account the impact of the introduction of information technologies, which makes it possible to improve these indicators. The methodological basis for research and development of criteria and indicators of transport efficiency are efficiency theory, energy cost theory and data analysis technologies.

Keyword: transport, indicator, efficiency, cargo turnover, costs, energy, equivalent.

Михайлова Ирина Геннадиевна, старший преподаватель кафедры «Мировая экономика» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», Луганск
E-mail: tilinstitut@gmail.com

Mihajlova Irina Gennadievna, senior lecturer of the Department of "World Economy" SEE HT LPR «Luhansk Vladimir Dahl State University».

Рецензент: Нечаев Григорий Иванович, доктор технических наук, профессор кафедры «Транспортные технологии» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 04.11.2022 г.

УДК 005.931.11:334.716(477.62)

ФОРМИРОВАНИЕ МОДЕЛИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА КРИЗИСА В КОНТЕКСТЕ АНТИКРИЗИСНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫМИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ

Мызников И.А.

FORMATION OF A CRISIS LIFE CYCLE MODEL IN THE CONTEXT OF ANTI-CRISIS MANAGEMENT OF INDUSTRIAL ENTERPRISES OF THE DONETSK PEOPLE'S REPUBLIC

Myznikov I.A.

В результате исследования сравнительных характеристик наиболее распространенных моделей жизненного цикла кризиса предложен подход к формированию такой модели в разрезе решаемых задач антикризисного управления промышленными предприятиями Донецкой Народной Республики, основанный на авторском подходе к классификации его фаз по признаку потери внутреннего и/или внешнего потенциала предприятия. Полученный результат позволяет осуществить формализацию моделей поведения, стратегий и механизмов для решения этапных задач антикризисного управления промышленными предприятиями. Это обеспечивает повышение его эффективности за счет компетентного выбора адекватного инструментария, своевременности и оперативности принимаемых управленческих решений на всех этапах антикризисного управления.

Ключевые слова: антикризисное управление, модель, жизненный цикл, фаза, потенциал.

Введение. Присутствие многочисленных факторов развития кризисных явлений на промышленных предприятиях Донецкой Народной Республики (ДНР) актуализирует вопросы исследования процессов протекания кризиса для формирования актуальной модели его жизненного цикла и разработки адекватных мероприятий антикризисного характера.

Вопросам исследования причин и природы кризисных явлений, систематизации и классификации кризисов и фаз их протекания, а также разработки методов и инструментов антикризисного управления посвящены труды многих исследователей, среди которых А.Н. Асаул, И. П. Князь, Ю.В. Коротаева [1], Питер Дент, Рода Ву, Рик Кадворт [2], В. Дрекслер, Р. Каттель, Э.С. Рейнерт [3], С. Жугляр [4], Дж. Кичин [5], С. Кузнец [6], Н.Д. Кондратьев [7], И.И. Митрофф, Т.К. Паушант [8; 9], Й.А. Шумпетер [10] и др.

В теории и практике антикризисного управления выработан ряд подходов к классификации фаз жизненного цикла кризиса и формированию его модели. Из наиболее значимых моделей интерес в рамках исследования представляют трехфазная модель, не имеющая безусловного авторства, модели Г. Кристека [11], В. Мюллера [12], С. Финка [13], Я. Митроффа [9]. Вместе с тем наибольшую практическую значимость в контексте антикризисного управления промышленными предприятиями ДНР представляют подходы к формированию модели жизненного цикла кризиса российских авторов А. Градова и Б. Кузина [14], а также З. Айвазяна и В. Кириченко [15].

Однако представленные подходы не позволяют осуществлять формализацию инструментов антикризисного управления промышленными предприятиями ДНР для решения этапных задач, что требует дальнейшего исследования построения модели жизненного цикла кризиса.

Целью работы является разработка подхода к формированию модели жизненного цикла кризиса в контексте антикризисного управления промышленными предприятиями ДНР на основе исследования сравнительных характеристик общепринятых моделей.

Изложение основных материалов. На современном этапе внешняя среда промышленных предприятий ДНР, охарактеризованная в работе [16] как система с «мобилизационным типом развития», ориентирует отечественные промышленные предприятия на достижение чрезвычайных целей в обеспечении кризисоустойчивости. Мобилизационный тип развития республики предопределен влиянием экстремальных факторов,

таких как результаты экономической блокады и военного противостояния с Украиной, угрожающих целостности и жизнеспособности системы извне.

Значительным фактором развития кризисных явлений на отечественных промышленных предприятиях является отсутствие международного признания статуса государственности ДНР. Это непосредственно влияет на рост кризисозависимости промышленных предприятий региона по всему спектру рисков, поскольку, как обосновано в [17, с. 14], «...экономика региона с особым статусом более подвержена воздействию ... рисков, чем экономика признанных государств».

Кроме того, существенное влияние на специфику деструктивных кризисных явлений в экономике промышленных предприятий ДНР оказывают интеграционные процессы, получившие развитие после ратификации договоров с Российской Федерацией [18] и с Луганской Народной Республикой [19], а также с началом процесса восстановления территориальной целостности ДНР в конституционных границах в результате специальной военной операции.

Таким образом, кроме общих факторов возникновения кризисных ситуаций, присущих любой социально-экономической системе любого иерархического уровня и любой территориальной принадлежности, обусловленных рыночными явлениями и внутрисистемными субъективными процессами, на кризисоустойчивости промышленных предприятиях ДНР оказывают влияние уникальные и специфические факторы.

Уникальные свойственны исключительно современному, конкретно-историческому этапу развития республики и обусловлены наследием социально-экономического кризиса Украины, экономической блокадой и результатами военного противостояния с Украиной, мобилизационным типом развития экономики ДНР, отсутствием статуса международного признания. Специфические, возникающие в процессе интеграционных преобразований, определены объединением территорий в единое экономическое пространство с разноуровневыми по конкурентоспособности и кризисоустойчивости предприятиями, имеющими разные скорости протекания деструктивных явлений.

Таким образом, современную среду функционирования промышленных предприятий ДНР можно охарактеризовать наличием высокого уровня нестабильности, непредсказуемости, неоднородности, нелинейности, неравномерности и неопределенности. В сложившейся ситуации игнорирование сигналов развития кризисных процессов на промышленных предприятиях ДНР, как это имело место быть в исторической ретроспективе при наступлении реальных кризисов,

когда отрицалась даже сама возможность кризисных явлений и при этом приводились убедительные доводы [8], не исключает вероятность тотального кризиса в республике.

Изменения внешней среды, носящие стремительный, вероятностный, спорадический характер и сопровождающиеся трудно предсказуемыми результатами развития кризиса, требуют принятия адекватных текущей фазе кризиса и своевременных антикризисных управленческих решений.

Вышесказанное позволило выдвинуть гипотезу, что кризисы промышленных предприятий ДНР взаимосвязаны с циклическим развитием социально-экономической системы республики. Кризис на промышленных предприятиях ДНР, в отличие от имеющего место в некоторых исследованиях представления о его природе, рассматривается не как «временное явление» [20, с. 136] или «ограниченный во времени процесс» [1], а как процесс, имеющий непрерывный, динамичный, нестабильный, циклический характер, постоянно изменяющий значения основных параметров. Это детерминирует представление жизненного цикла кризиса промышленного предприятия как совокупность этапов развития непосредственно самого предприятия за период развития кризисной ситуации. Другими словами, фазы жизненного цикла кризиса в рамках исследования выступают в качестве антифаз жизненного цикла предприятия.

Необходимо отметить, что из цикличности развития кризисов исходит также С. Финк, отмечая «волновой эффект» (the ripple-effect) [13, с. 20-28]. Однако, согласно С. Финку, причинами возникновения кризиса становятся осложнения, полученные в ходе развития предшествующего кризиса. Это противоречит выдвинутой автором настоящего исследования гипотезе о непрерывности кризисного процесса.

Полисценарность и многоплановость кризисов, а также нестабильный и динамичный характер их проявлений предполагает наличие разных скоростей нарастания деструктивных явлений на различных фазах, отличающихся характером, глубиной, интенсивностью протекающих процессов. Это, соответственно, требует для смягчения и/или преодоления кризиса применения адекватных антикризисных мер, что предопределяет построение модели его жизненного цикла.

В теории и практике антикризисного управления представлен широкий спектр моделей, состоящих из трех, четырех, пяти и более фаз жизненного цикла кризиса. Однако не зависимо от количества предлагаемых исследователями фаз, каждая модель построена по временному признаку: до, после и в период кризиса, т.е. по принципу построения трехфазной модели (табл. 1).

Таблица 1

**Сопоставление фаз жизненного цикла кризиса в трех-, четырех- и пятифазных моделях
(Составлено по материалам [1 и др])**

Трехфазная модель	Четырехфазная модель: Г. Кристека; В. Мюллера; С. Финка [11-13]	Пятифазная модель Я. Митроффа [9]
Докризисный период	Потенциальный кризис; Стратегический кризис; Продормальный период	Выявление сигнала Зондирование и предотвращение
Кризисный период	Скрытый (латентный) кризис; Кризис результатов; Начало кризиса Острый преодолимый кризис; Кризис ликвидности; Хронический кризис	Сдерживание ущерба Восстановление
Посткризисный период	Острый непреодолимый кризис; Банкротство; Разрешение кризиса	Анализ

Таким образом, можно резюмировать, что деление процесса развития кризиса на отдельные фазы носит условный характер и зависит, прежде всего, от стоящих перед исследователями задач. Следовательно, критерием построения представленных моделей является не количество фаз жизненного цикла кризиса. В то же время, необходимо отметить, что количество фаз определяет полноту исследования всего спектра деструктивных явлений кризиса и антикризисных мероприятий.

Предложенные Г. Кристеком, В. Мюллером, С. Финком, Я. Митроффом классификации фаз жизненного цикла, безусловно, вносят существенный вклад в теорию кризиса, поскольку наиболее полно и подробно освещают весь процесс его протекания. Однако такие классификации носят сугубо качественный характер и не могут являться практическим инструментом для идентификации фаз кризиса на конкретном предприятии в конкретный исторический период, что препятствует

формированию адекватного механизма антикризисного управления промышленными предприятиями ДНР.

В то же время, представляющие практическую значимость предложенные российскими учеными А. Градовым, Б. Кузиным, З. Айвазяном, В. Кириченко [14; 15] подходы к классификации фаз жизненного цикла кризиса, не учитывают наличие уникальных и специфических причин возникновения кризисных ситуаций на отечественных промышленных предприятиях.

Сравнительный анализ подходов к классификации фаз жизненного цикла кризиса позволил сделать вывод, что в большинстве представленных моделей, несмотря на наличие отличий, прослеживается общая закономерность: отражая кривую развития кризиса от его зарождения до разрешения, в качестве критерия разделения на фазы используется потеря того или иного вида потенциала предприятия (табл. 2).

Таблица 2

**Сравнительный анализ критериев разделения на фазы жизненного цикла кризиса
в различных моделях (Составлено по материалам [1 и др])**

Модель	Автор модели				
	А. Градов, Б. Кузин	З. Айвазян, В. Кириченко	В. Мюллер	Г. Кристек	С. Финк
Фазы жизненного цикла кризиса	Потеря акционеров Потеря кредиторов Потеря ликвидности Банкротство акционеров	Рентабельности Развития Производства Платежеспособности	Стратегический Результатов Ликвидности Банкротство	Потенциальный Скрытый Острый преодолимый Острый непреодолимый	Продормальный Начало кризиса Хронический Разрешение
Критерий классификации фаз жизненного цикла кризиса	Потеря инвестиционного потенциала	Потеря внутреннего потенциала и эффективности	Потеря потенциала достижения успеха	Потеря потенциала преодоления кризиса	Потеря потенциала преодоления кризиса
Структура критерия	Потенциал внешней среды	Внутренний потенциал предприятия	Внутренний потенциал предприятия	Совокупный потенциал	Совокупный потенциал

Таблица 2 иллюстрирует возможность использования признака «потеря внутреннего и/или внешнего потенциала» в качестве критерия при построении модели жизненного цикла кризиса.

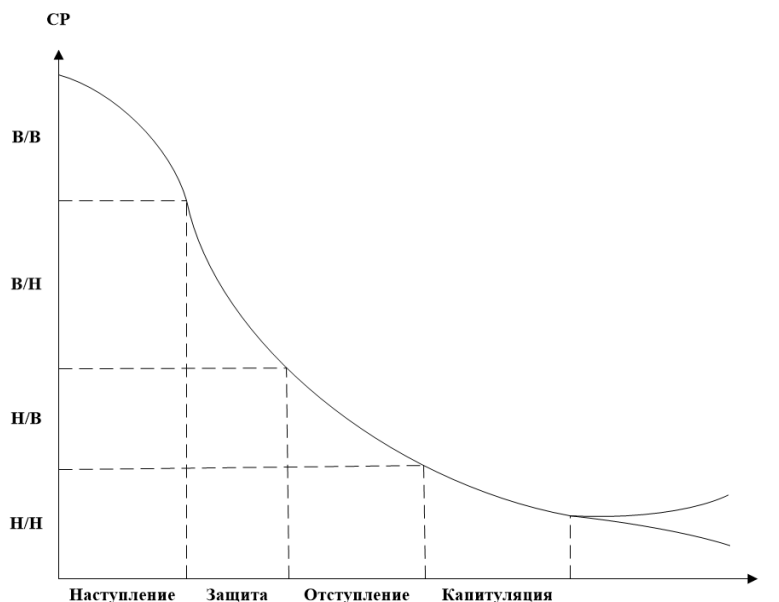
Таким образом, представленный сравнительный анализ позволяет сделать вывод о целесообразности построения модели жизненного

цикла кризиса в контексте антикризисного управления промышленными предприятиями ДНР на основе использования в качестве критерия – потерю совокупного (внутреннего и/или внешнего) потенциала.

В предлагаемом подходе к формированию модели жизненного цикла кризиса в качестве

критерия его деления на фазы используется потеря внутреннего и/или внешнего потенциала промышленного предприятия. Это позволяет классифицировать фазы жизненного цикла кризиса в зависимости от состояния внутренней и внешней среды предприятия, целей, характера и способов выполнения задач, которые стоят перед кризисменеджментом, т.е. от рациональной линии

поведения управленческого звена в конкретной кризисной ситуации на конкретном этапе антикризисного управления. При этом, проводя аналогию кризисного процесса с ходом боевых действий, для обозначения каждой фазы жизненного цикла кризиса в соответствии с присущей ей моделью поведения использован категориальный аппарат военного искусства (рис. 1).



где CP (cumulative potential) – совокупный потенциал предприятия (внутренний/внешний), баллы;
 t – время жизненного цикла кризиса;
 B – высокий потенциал;
 H – низкий потенциал.

Рис. 1 Модель полного жизненного цикла кризиса в контексте антикризисного управления промышленными предприятиями ДНР (авторская разработка)

Первая фаза характеризуется относительно высокими уровнями как внутреннего, так и внешнего потенциалов промышленного предприятия (В/В). Однако с появлением первых признаков к их снижению, рациональной линией поведения становится снижение рисков развития кризиса за счет диверсификации производства. Такая линия поведения ассоциируется с наступлением.

При потере внешнего потенциала, но при сохранении внутреннего (В/Н) наступает вторая фаза, когда линия поведения ориентирована на максимизацию денежных средств за счет альтернативных вариантов дохода и/или минимизацию затрат и напоминает защиту. При этом целью антикризисного управления становится сохранение основного вида деятельности.

При третьей фазе, когда происходит потеря внутреннего потенциала при сохранении внешнего (Н/В), линия поведения ориентирована на частичную/полную смену профиля продукции. Это ассоциируется с отступлением, когда цель антикризисного управления сводится к сохранению

бизнеса при утрате возможности сохранения основного вида деятельности.

Четвертая фаза характеризуется потерей как внутреннего, так и внешнего потенциалов (Н/Н). При этом теряется возможность сохранения не только основного вида деятельности, но и бизнеса в целом, когда единственной целью антикризисного управления становится сохранение капитала. В этом случае промышленное предприятие «капитулирует» перед кризисом.

Точка бифуркации находится на уровне минимально допустимого для сохранения капитала совокупного потенциала и иллюстрирует возможные варианты дальнейшего развития событий. При сохранении капитала существует вероятность возобновления роста составляющих совокупного потенциала предприятия, в противном случае начинается процедура банкротства. При возобновлении роста внутренний и внешний потенциал восстанавливаются в обратной последовательности. Сначала восстанавливается внутренний потенциал предприятия. За счет использования сохраненного капитала восстанавливается бизнес и основной вид

деятельности путем восстановления ресурсов во всех видовых проявлениях. Затем – потенциал внешней среды путем «освоения новых рынков и получения внешнего финансирования» [21, с. 44].

Этот процесс продолжается до полного восстановления совокупного потенциала промышленного предприятия, после чего жизненный цикл возобновляется и повторяется на новом витке развития кризиса.

На рис. 1 представлена модель полного цикла развития кризиса.

Однако в практике антикризисного управления промышленными предприятиями ДНР могут иметь место варианты модели не полного цикла, когда период роста совокупного потенциала наступает до наступления фазы «капитуляция». Вариативность модели ЖЦК на разных предприятиях зависит от адекватности и своевременности антикризисных мер.

Однако в практике антикризисного управления промышленными предприятиями ДНР могут иметь место варианты модели не полного цикла, когда начало роста совокупного потенциала приходится на другие фазы жизненного цикла кризиса, предшествующие фазе «капитуляция». Вариативность модели ЖЦК вызвана вариативностью адекватности и своевременности антикризисных мер, а также стартового состава совокупного потенциала на разных предприятиях.

И так, в предложенном подходе, в отличие от существующих моделей, модель полного жизненного цикла кризиса представлена восьмью фазами, что позволяет расширить горизонт исследования всего спектра деструктивных явлений кризиса и антикризисных мероприятий и подобрать более точный инструментарий антикризисного управления.

Преимуществом такого подхода к классификации фаз жизненного цикла кризиса также является перспектива комбинирования двух критериев — «возможность противостояния кризису» и «своевременность применения антикризисных мероприятий» в отличие от существующих подходов, в которых используется только по одному критерию, позволяющему осуществлять фиксацию изменений во времени.

Результаты исследований. Предложенный в результате исследований подход к формированию модели жизненного цикла кризиса позволяет разрабатывать собственную стратегию для каждой из его фаз в зависимости от целей, характера и способов выполнения этапных задач, которые стоят перед антикризисным управлением отечественными промышленными предприятиями. Таким образом, полученный результат позволяет осуществить формализацию инструментов для решения этапных задач антикризисного управления промышленными предприятиями ДНР.

Выводы. В ходе исследования на основе анализа сравнительных характеристик наиболее

распространенных моделей жизненного цикла кризиса разработан собственный подход к формированию модели жизненного цикла кризиса в контексте антикризисного управления промышленными предприятиями ДНР, основанный на авторском подходе к классификации его фаз по признаку потери внутреннего и/или внешнего потенциала предприятия. Предложенный подход позволяет осуществить формализацию моделей поведения, стратегий и механизмов для решения этапных задач антикризисного управления промышленными предприятиями. Это обеспечивает повышение эффективности антикризисного управления промышленными предприятиями ДНР за счет компетентного выбора адекватного инструментария, своевременности и оперативности принимаемых управленческих решений на всех этапах кризиса.

Л и т е р а т у р а

1. Асаул А.Н. Теория и практика принятия решений по выходу организаций из кризиса [Электронный ресурс]/ А.Н. Асаул, И.П. Князь, Ю. В. Коротаева. – СПб: АНО «ИПЭВ», 2007. – 224с. – Режим доступа: http://www.aup.ru/books/m8/4_2.htm.
2. Дент П., Бу Р., Кадворт Р. Кризис: новая устойчивость, эффективность, адаптивность. [Электронный ресурс]/ П. Дент, Р. Бу, Р. Кадворт. – Режим доступа: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ru/Document/s/risk/russian/crisis-management.pdf> (дата обращения: 20.03.2022).
3. Drechsler W., Kattel R., Reinert E.S. Techno-Economic Paradigms: Essays in Honour of C. Perez / W.Drechsler, R.Kattel, E.S. Reinert. – London: Anthem Press, 2011. – 442 p.
4. Juglar C. Des Crises commerciales et leur re tour periodique en France, en Angleterre, et aux Etats – Unis/ C. Juglar. Paris: Guillaumin, 1862. – 120 p.
5. Kitchin J. Cycles and Trends in Economic Factors / J. Kitchin // Review of Economics and Statistics. – 1923. – V. 5 (1). – P. 10–16.
6. Kuznets S. Secular Movements in Production and Prices/ S. Kuznets. Boston: Houghton Mifflin, 1930. – 120 p.
7. Кондратьев Н.Д. Большие циклы конъюнктуры и теория предвидения/ Н.Д. Кондратьев. – М.: Экономика, 2002. – 767 с.
8. Mitroff I.I. Managing Crises Before They Happen: What Every Executive and Manager Needs to Know About Crisis Management/ I.I. Mitroff. – New York: American Management Association, 2001. – P. 46-48.
9. Mitroff I.I., Pauchant Th.C. Transforming the Crisis-Prone Organization: Preventing Individual, Organizational, and Environmental Tragedies/ I.I. Mitroff, Th.C. Pauchant. – San Francisco: Jossey-Bass Publishers, 1992. – P. 134-140.
10. Шумпетер Й.А. Теория экономического развития/ Й.А. Шумпетер. – М.: Прогресс, 1982. – 455 с.
11. Krystek U. Unternehmenskrisen: Beschreibung, Vermeidung und Bewältigung überlebenskritischer Prozesse in Unternehmen/ U. Krystek. – Wiesbaden: Springer Fachmedien, 1987. – P. 1-88.
12. Muller-Stewens G. Strategisches Management: wie strategische Initiativen zum Wandel führen/ G. Muller-

Stewens, Ch. Lechner. – Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag, 2016. – 71 p.

13. Fink S. Crisis Management: Planning for the Inevitable / S.Fink. – Bloomington: iUniverse, 2000. – 245 p.

14. Градов А.П. Стратегия и тактика антикризисного управления фирмой / А.П. Градов, Б.И. Кузин. – СПб.: Специальная литература, 1996. – 510 с.

15. Айвазян З. Антикризисное управление: принятие решений на краю пропасти / З.Айвазян, В. Кириченко // Менеджмент и маркетинг. – 1999. – №4. – С.94-103.

16. Половян А.В., Лепа Р.Н., Гриневская С.Н. Экономическая дезинтеграция: новые аспекты развития (на примере вновь образованной территории Донбасса) [Электронный ресурс] // Большая Евразия: развитие, безопасность, сотрудничество. 2019. №2-2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekonomicheskaya-dezintegratsiya-novye-aspekty-razvitiya-na-primere-vnov-obrazovannoy-territorii-donbassa> (дата обращения: 15.02.2022).

17. Управление экономикой региона с особым статусом: монография / Ю.Н. Полшков; под науч. ред. А.В. Половяна. – Ростов-на-Дону: Изд-во Южного федерального ун-та, 2016. – С. 5.

18. "О ратификации договора о дружбе, сотрудничестве и взаимной помощи между Российской Федерацией и Донецкой Народной Республикой" [Электронный ресурс] : Закон ДНР № 351-ПНС от 22.02.2022 : действующ. ред. // Официальный сайт Народного Совета Донецкой Народной Республики. – Электрон. дан. – Донецк, 2022. – Режим доступа: <https://dnrsovet.su/zakon-donetskoj-narodnoj-respubliki-o-ratifikatsii-dogovora-o-druzhbe-sotrudnichestve-i-vzaimnoj-pomoshhi-mezhdu-rossijskoj-federatsiej-i-donetskoj-narodnoj-respublikoj/> – Загл. с экрана.

19. О ратификации договора в форме обмена письмами о создании единой таможенной территории и развитии экономической интеграции [Электронный ресурс] : Закон ДНР № 323-ПНС от 22.09.2021 : действующ. ред. // Официальный сайт Народного Совета Донецкой Народной Республики. – Электрон. дан. – Донецк, 2021. – Режим доступа: <https://dnrsovet.su/zakonodatelnaya-deyatelnost/prinyatie/zakony/zakon-donetskoj-narodnoj-respubliki-o-ratifikatsii-dogovora-v-forme-obmena-pismami-o-sozdanii-edinoj-tamozhennoj-territorii-i-razviti-ekonomicheskoy-integratsii/> – Загл. с экрана.

20. Глушакова О.В. Кризисные явления как основа возникновения несостоятельности имущественного комплекса организации [Электронный ресурс] / О.В. Глушакова, О.В. Сычева-Передеро // Наука Красноярск. –

2016. – №3(26). – С.118-145. – Режим доступа: <https://core.ac.uk/download/pdf/296314485.pdf>.

21. Шальнева В.В., Блажевич О.Г. Система антикризисного финансового управления предприятием / В.В. Шальнева, О.Г. Блажевич // Научный вестник: Финансы, банки, инвестиции – 2020 – № 1. – С.37-46.

Myznikov I.A.

FORMATION OF A CRISIS LIFE CYCLE MODEL IN THE CONTEXT OF ANTI-CRISIS MANAGEMENT OF INDUSTRIAL ENTERPRISES OF THE DONETSK PEOPLE'S REPUBLIC

As a result of the study of the comparative characteristics of the most common models of the crisis life cycle, an approach was proposed to the formation of such a model in the context of the tasks of anti-crisis management of industrial enterprises in the Donetsk People's Republic, based on the author's approach to classifying its phases on the basis of the loss of internal and / or external potential of the enterprise. The result obtained makes it possible to formalize behavior models, strategies and mechanisms for solving milestone problems of anti-crisis management of industrial enterprises. This provides an increase in its effectiveness through a competent choice of adequate tools, timeliness and efficiency of managerial decisions at all stages of anti-crisis management.

Key words: anti-crisis management, model, life cycle, phase, potential.

Мызников Иван Александрович, преподаватель кафедры менеджмента в производственной сфере ГОУ ВПО «Донецкая академия управления и государственной службы при Главе Донецкой Народной Республики», г. Донецк.

E-mail: jonmyz@rambler.ru

Myznikov Ivan Alexandrovich, Lecturer at the Department of Management in the Industrial Sphere, State Educational Establishment of Higher Professional Education "Donetsk State Academy of Management and Public Administration under the Head of the Donetsk People's Republic", Donetsk.

Рецензент: Бражникова Лариса Николаевна, доктор экономических наук, профессор, зав. отделом государственного регулирования и планирования экономики ГБУ «Институт экономических исследований».

Статья подана 19.12.2022

УДК 332.146.2

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ УПРАВЛЕНИЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬЮ В УСЛОВИЯХ ТРАНСФОРМАЦИИ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Оникийчук Ю.А.

USING EFFECTIVE TOOLS MANAGEMENT OF REGIONAL COMPETITIVENESS IN THE CONDITIONS OF TRANSFORMATION OF SOCIO-ECONOMIC SYSTEMS

Onikiychuk Yu. A.

В статье исследованы инновационные инструменты обеспечения конкурентоспособности. Раскрыто экономическое содержание понятия «механизм управления региональной конкурентоспособностью». Проанализированы аспекты влияния регионального управления на конкурентоспособность региона, активизация внедрения и использования которых повышает эффективность и качество государственного регулирования конкурентной среды. Определены направления модернизации регионального управления по обеспечению, поддержке и наращиванию конкурентных преимуществ регионов.

Ключевые слова: региональная конкурентоспособность, инструменты управления, механизм, форсайт, краудсорсинг.

Введение. Экономика регионов Донбасса в сегодняшних реалиях находится в сложных трансформационных условиях. Развитие регионов Донбасса как социально-экономических систем характеризуется нестабильностью и низкими темпами экономического роста, что объясняется, прежде всего, стратегическими проблемами безопасности, неэффективным использованием конкурентного потенциала регионов, низким качеством систем управления на региональном уровне, неудовлетворительными условиями для привлечения инвестиций и другими негативными факторами.

Кардинальных изменений такой ситуации возможно достичь только при условии переориентации региональной экономики на достижение стратегических целей через совершенствование системы управления региональным развитием с учетом необходимости финансового, материального, информационного и интеллектуального обеспечения такого развития.

Региональная конкурентоспособность является важной составляющей стратегии социально-экономического развития региона, и поскольку она имеет стратегическое измерение, то должен быть представлен основательный теоретический и

практический инструментарий по обеспечению региональной конкурентоспособности.

Особую актуальность проблемы обеспечения региональной конкурентоспособности приобретают в условиях вхождения регионов Донбасса в состав Российской Федерации, когда ЛНР и ДНР получили равные с российскими регионами права и доступ к российскому рынку. Основной целью новых субъектов Российской Федерации является создание действенных, функциональных и финансовоавтономных регионов, способных обеспечить достойный уровень жизни населения. Каждый регион имеет свои конкурентные преимущества, что при применении действенных механизмов управления региональной конкурентоспособностью будет способствовать ускоренному экономическому росту, рациональному и эффективному использованию конкурентного потенциала региона, повышению благосостояния населения и конкурентоспособности бизнеса, размещенного на данных территориях.

Проблемы развития региональной экономики и механизмов управления региональной конкурентоспособностью как фактора социально-экономического развития регионов раскрывают в своих работах Р. Акофф, И. Ансофф, Д. Канеман, П. Кругман, Г. Минцберг, С.Н. Растворцева, В.Л. Тамбовцев, А.Е. Шаститко, А.Н. Швецов, Л.С. Шеховцева и другие ученые.

Целью статьи является исследование концептуальных основ и инструментария механизма управления региональной конкурентоспособностью.

Изложение основного материала. Обеспечение конкурентоспособности региона определяется внедрением стратегического управления, которое позволяет региональной социально-экономической системе получить конкурентные преимущества в долгосрочном периоде. Управление стратегической конкурентоспособностью региона задает образ будущего состояния региональной конкурентоспособности и пути ее достижения.

Реализация стратегии обеспечения повышения конкурентоспособности и регионального развития предусматривает следующие меры:

- использование инструментов регионального развития с целью повышения конкурентоспособности;
- консолидация финансовых, трудовых, материальных и социальных ресурсов для проведения совместных мероприятий участников в соответствии с утвержденной стратегией;
- информационное обеспечение и мониторинг процесса повышения региональной конкурентоспособности [1].

В наших исследованиях понятие "механизм" характеризуется как устойчивая конструктивная основа устройства системы управления или ее отдельного блока, которая представляет собой агрегированный комплекс взаимосвязанных элементов, предназначенных для выполнения определенных функций управленческой деятельности, например организационно-экономический, финансовый, механизм управления инвестиционным процессом и другие. Для этого механизмы оснащены инструментами.

Итак, механизм управления региональной конкурентоспособностью – это совокупность форм, средств, инструментов и методов управления, применение которых формирует организационную, финансово-экономическую, правовую и социально-культурную основу практической реализации функций управления на региональном уровне.

Реализация механизма управления региональной конкурентоспособностью должна обеспечивать достижение поставленных целей, направленных на положительную динамику развития региона и повышение качества жизни населения.

Инструменты обеспечения конкурентоспособности региона целесообразно разделить на три основные группы: организационно-планировочные, целью применения которых является упорядочение и направление деятельности субъектов регионального развития; инфраструктурные, целью применения которых является обеспечение необходимых условий функционирования; ресурсные, целью применения которых является перераспределение ресурсов между субъектами регионального развития.

В своем большинстве инструменты обеспечения конкурентоспособности региона направлены на повышение текущего уровня конкурентоспособности региона. В то же время формирование конкурентного потенциала и конкурентных преимуществ региона носит долгосрочный и стратегический характер, поэтому в последнее время роль системы стратегического планирования значительно возросла. Возникла необходимость в наборе управленческих инструментов, обеспечивающих скоординированность целей, увязку долгосрочных

решений со средне- и краткосрочными решениями, сбалансированность ресурсов, снижение рисков и т.д. [2].

Инструментарий управления конкурентоспособностью региона не только достаточно обширен, но и постоянно пополняется новыми инновационными технологиями, наиболее востребованными из которых являются региональный форсайт и краудсорсинг.

Технология форсайта (от англ. слова foresight – «предвидение») представляет собой системный инструмент формирования будущего, основанный на прогнозировании возможных изменений во всех сферах общественной деятельности: экономике, технологиях, науке, общественных отношениях, культуре и тому подобное. Форсайт можно определить как специальную технологию формирования приоритетов развития различных сфер жизни общества с целью мобилизации максимально большого количества участников для достижения качественно новых результатов в развитии страны, региона, общества [3].

Следует также отметить, что с точки зрения организации форсайт представляет собой сложное поэтапное и многоаспектное взаимодействие экспертных групп, представляющих власть, бизнес и гражданское общество. В результате этой работы должны быть отобраны стратегические приоритеты развития общества, основанные на инновациях и направленные на повышение конкурентоспособности и власти, и бизнеса.

Результатом форсайта являются «дорожные карты», в которых отражены пути развития объекта и определены соответствующие шаги достижения его необходимых параметров в будущем. На их основе формируются стратегии развития и определяются долгосрочные приоритеты. Таким образом, они являются одним из ключевых инструментов для целенаправленной деятельности власти и бизнеса.

Одним из важных аспектов форсайта является создание условий для развития партнёрства региональной власти и бизнеса как неотъемлемого условия функционирования современного общества. Характер этих отношений более ярко проявляется в институте общественного партнерства.

Привлекательность государственно-частного партнерства состоит в том, что оно позволяет решать многие экономические проблемы, стоящие перед региональной властью. В первую очередь это касается поиска альтернативных источников инвестиционных ресурсов и повышения эффективности управления. Также в мире накоплен большой опыт внедрения технологий государственно-частного партнерства, позволяющих совместить интересы власти и бизнеса при предоставлении общественных услуг. Повысить инвестиционную привлекательность на региональном уровне возможно за счет внедрения механизма государственно-частного партнерства с

целью перераспределения ответственности (рисков) за реализацию приоритетных для региональной экономики проектов: региональных инфраструктурных проектов (развитие дорожно-транспортной инфраструктуры); модернизации сферы ЖКХ (водоснабжение, водоотведение, утилизация бытовых отходов и т.п.); развития энергетики (в т. ч. освоение возобновляемой энергетики); распространения информационно-коммуникативных технологий, стимулирования жилищного строительства; реализацию проектов в сфере образования, науки и инноваций и др. Этот опыт свидетельствует о разнообразии организационных структур поддержки и развития этих отношений, юридических форм, экономических механизмов стимулирования и т.д. Форсайт-проекты в этом смысле являются наиболее эффективными площадками для развития такого партнерства [4].

Для ЛНР государственно-частное партнерство достаточно новое явление и находится в начале развития, соответствующий Закон "О государственно-частном и муниципально-частном партнерстве" был принят 9 апреля 2022 г.

Применение технологии краудсорсинга в государственном управлении обусловлено объективным усложнением и удорожанием процессов регионального управления. Технологии краудсорсинга способствуют коммуникации бизнеса, общества и власти; формированию благоприятного инвестиционного климата и позитивного имиджа региона; дополнительному привлечению инвестиционных ресурсов.

В самом широком понимании краудсорсинг можно охарактеризовать как мобилизацию интеллектуальных ресурсов людей с помощью современных информационных технологий, таких, например, как Интернет для решения поставленных задач. Краудсорсинг в регионе будет способствовать привлечению жителей территорий на добровольной основе к решению проблем, которые возникают в регионе (на данной территории) путем выражения предложений и идей, применения собственных знаний и опыта.

Для того чтобы иметь более ясное представления о краудсорсинге, необходимо обозначить следующие его преимущества, такие как:

- охват большого количества заинтересованных лиц;
- получение большого количества вариантов достижения цели;
- фиксированные сроки: большинство краудсорсинговых проектов имеют жестко ограниченные сроки, что позволяет не затягивать с решением проблемы и иметь четкие временные ориентиры;
- простота внедрения: реализация краудсорсинговых задач очень проста в

использовании, обычно с помощью сайта или социальных сетей;

- экономия финансовых ресурсов: недорогой инструмент развития региона, поскольку всю необходимую работу делают неоплачиваемые или малооплачиваемые профессионалы-любители [5].

Одновременно следует отметить проблемы и угрозы, связанные с краудсорсингом: неорганизованность и непредсказуемость толпы, которая может выдвигать и неадекватные идеи, не полезные для дела – так называемый «шум»; вероятна утечка ценной информации, появление недобросовестных заказчиков и исполнителей, мошенничество в сети Интернет; создаются условия для легкого манипулирования общественным сознанием; сказывается нехватка опыта и знаний у граждан для принятия решений.

Одним из наиболее актуальных видов регионального краудсорсинга является краудфандинг, который направлен на сбор добровольных пожертвований или инвестиций для реализации определенных проектов. Краудфандинг позволяет преодолеть уровень недоверия граждан к инвестированию в экономику региона [6].

Результаты исследований. Создание конкурентных преимуществ невозможно без стратегического видения процесса управления. Использование эффективного подхода к стратегическому планированию заключается в применении инструментов обеспечения конкурентоспособности для достижения поставленных целей, направленных на положительную динамику развития региона и повышение качества жизни населения. В свою очередь, применение мониторинга процесса стратегического управления является необходимым условием повышения региональной конкурентоспособности в долгосрочной перспективе.

Способность региональной власти объединить всех заинтересованных участников процессов регионального развития с целью устойчивого и сбалансированного движения вперед, создает основу для модернизации системы регионального управления. При этом региональная власть должна обеспечивать внедрение необходимых и наиболее инновационных инструментов, таких как региональный форсайт и краудсорсинг, которые действуют как катализаторы, ускоряют развитие и рост региональных конкурентных потенциалов.

Форсайт как современная технология проектирования и программирования будущего имеет необходимые методы и инструменты для создания стратегий и проектов социально-экономического развития, в котором заинтересованы и власть, и бизнес. Синергетическая модель объединения усилий различных секторов общества в рамках форсайт-проектов на региональном уровне положительно влияет на региональную конкурентоспособность и при этом

обеспечивает прозрачность действий как власти, так и бизнеса.

Технология краудсорсинга позволяет без значительных дополнительных затрат за короткий промежуток времени, но при привлечении большого количества людей существенно ускорить принятие управленческих решений. Для успешного функционирования технологий краудсорсинга необходима разработка соответствующих нормативно-правовых актов, создание портала открытых данных.

Выводы. Современные условия функционирования региональных социально-экономических систем предусматривают формирование и реализацию конкурентных преимуществ развития. Систематизация инструментов влияния на региональную конкурентоспособность обеспечивает их эффективное комплексное использование в соответствующем механизме, что рассматривается как движущая сила системы управления. Таким образом, использование эффективных инструментов управления региональной конкурентоспособностью на практике позволит повысить уровень социально-экономического развития регионов, качество жизни населения, укрепит позицию региона по отношению к регионам-конкурентам.

Л и т е р а т у р а

1. Котов А. В. Оценка эффективности инструментов региональной политики / А.В. Котов // Экономика региона. - 2020. - Т. 16, вып. 2. - С. 352-362.
2. Коваленко Н. В. Институциональные инструменты повышения конкурентоспособности регионов с особым статусом / Н. В. Коваленко, Ю. А. Оникийчук // Экономический вестник Донбасского государственного технического университета. - 2020. - № 4. - С. 20-25.
3. Макаров С. А. Форсайт и долгосрочная стратегия как инструменты развития региона: опыт Республики Татарстан / С. А. Макаров // ЭКО. - 2020. - № 5(551). - С. 175-191.
4. Дмитриченко Л. И. Государственно-частное партнерство как модель развития национального хозяйства на государственном и региональном уровнях / Л. И. Дмитриченко, Б. В. Мелюс // Вестник Донецкого

национального университета. Серия В. Экономика и право. - 2019. - № 4. - С. 80-91.

5. Комаров О. Е. Краудсорсинговые площадки региональных и муниципальных органов власти / О. Е. Комаров, А. В. Соколов // Государство и граждане в электронной среде. - 2020. - № 4. - С. 73-85.

6. Харитонов О. В. Краудсорсинг в государственном и муниципальном управлении: сущность и перспективы использования / О. В. Харитонов, Т. Н. Бугаева // Вестник евразийской науки. - 2020. - Т. 12. - № 2. - URL: <https://esj.today/PDF/91ECVN220.pdf> (дата обращения: 17.10.2022)

Onikiychuk Yu. A.

USING EFFECTIVE TOOLS MANAGEMENT OF REGIONAL COMPETITIVENESS IN THE CONDITIONS OF TRANSFORMATION OF SOCIO-ECONOMIC SYSTEMS

The article explores innovative tools to ensure competitiveness. The economic content of the concept of "regional competitiveness management mechanism" is disclosed. The aspects of the influence of regional management on the competitiveness of the region are analyzed, the activation of the implementation and use of which increases the efficiency and quality of state regulation of the competitive environment. The directions of modernization of regional management to ensure, support and increase the competitive advantages of the regions are determined.

Keywords: regional competitiveness, management tools, mechanism, foresight, crowdsourcing

Оникийчук Юлия Александровна, старший преподаватель кафедры экономики и управления факультета экономики и бизнеса ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

E-mail: onykijchuk@yandex.ru

Onikiychuk Yulia Aleksandrovna, senior lecturer of the Department of Economics and Management of the Faculty of Economics and Business, SEI HE LPR "Lugansk State University named after Vladimir Dahl", Lugansk.

Рецензент: Коваленко Наталья Валерьевна, доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры экономики и управления ГОУ ВО ЛНР «Донбасский государственный технический институт», г. Алчевск.

Статья подана 07.11.2022

УДК 656.135: 339.13

РАЗРАБОТКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ОСНОВЕ ФИЗИЧЕСКОГО ПОДХОДА

Панков А.А., Нечаев Г.И., Бибик Е.Ю., Михайлова И.Г.

DEVELOPMENT OF COMPETITIVENESS INDICATORS MOTOR TRANSPORT COMPANIES BASED ON A PHYSICAL APPROACH

Pankov A.A., Nechaev G.I., Bibik E.Yu., Mihajlova I.G.

В работе на основе энергоэкономического и физического подходов предложен интегральный критерий для комплексной оценки деятельности автотранспортного предприятия, разработанный на основе выражения основных технико-экономических показателей работы транспорта (грузооборота, эксплуатационных и приведенных затрат) в энергетических единицах и последующего нормирования к безразмерному виду для соответствия требуемым свойствам критериев оценки систем. Применение интегрального критерия позволит унифицировать подходы в оценке эффективности работы предприятий, системно анализировать их конкурентоспособность и определять рентабельность использования ресурсов. Предложенный критерий может являться характеристикой состояния технико-экономической системы и мерой приближения к её желаемому (оптимальному) состоянию.

Ключевые слова: транспорт, предприятие, показатель, конкурентоспособность, грузооборот, затраты, энергия, эквивалент.

Введение. Необходимость устойчивой и эффективной работы автотранспорта в перевозочном процессе в условиях конкурентной внешней среды ставит перед автотранспортными предприятиями (АТП) задачу оценки конкурентоспособности и поиска путей её повышения. Такая задача обладает определённой сложностью в силу специфических отличий деятельности АТП от материального производства, на которое ориентировано большинство существующих методов оценки [1].

Различия в подходах при определении сущности конкуренции находят свое отражение и при рассмотрении категории конкурентоспособности. Основная задача исследователя, изучающего проблемы конкурентоспособности предприятия, заключается в определении критериев, а также нахождении источников и факторов конкурентоспособности [2].

Под конкурентоспособностью АТП можно понимать способность к оказанию транспортных услуг по перевозке грузов в планируемых сегментах

рынка в настоящем и будущем периодах времени с превосходством по своему качеству и тарифам (стоимости) над конкурентами. Или, в общем виде, конкурентоспособность — это эффективность предприятия в определённом временном периоде [3, 4].

В исследованиях [4, 5] показано, что анализ конкурентоспособности АТП производится на основе разделения конкуренции между предприятиями по двум методам — ценовым и неценовым:

— ценовой метод предполагает изменение (снижение) тарифов на перевозки, выполняемые одним АТП в сравнении с тарифами, применяемыми другим АТП;

— неценовой метод предполагает деятельность АТП, направленную на повышение качества перевозок и услуг, развитие рекламной деятельности, развитие собственной производственно-технической базы, повышение квалификации водителей, ремонтных рабочих и специалистов по управлению.

Исследователями [3, 4] отмечается, что наиболее системным подходом к оценке конкурентоспособности предприятия является трёхступенчатая модель, предлагаемая авторами Х.А. Фасхиевым и З.Ф. Шигаповой, предусматривающая последовательную оценку конкурентоспособности АТП: конкурентный потенциал АТП — конкурентоспособность услуг, выполняемых предприятием по основным сегментам рынка грузоперевозок — конкурентоспособность грузового АТП в целом [6, 7].

Конкурентный потенциал предприятия является фундаментом конкурентоспособности и определяется совокупностью показателей, характеризующих уровень эффективности производственно-хозяйственной деятельности АТП. В связи с этим возникает проблема выбора из множества показателей, характеризующих ту или иную сторону деятельности АТП, тех, которые в наибольшей степени будут отражать эффективность использования ресурсов, положение предприятия на

рынке и соответствующий ему уровень конкурентоспособности [1, 5]

Конкурентоспособность – это также система, а анализ и синтез сложных систем практически любой природы связаны с решением проблемы многокритериальности оценки их качества [8]. Используемые показатели и критерии оценки можно разделить на две группы: интегральные (скалярные), характеризующие объект в целом, и совокупности частных критериев, характеризующие дифференциальные качества объекта, – векторные [8].

Согласно [9] в преобладающем большинстве отраслей, за редким исключением [10], оптимизация по векторному критерию практически не используется. Однако нередки случаи применения оценки по сложному интегральному критерию однопараметрического обобщенного аргумента, как весовой и нормированной совокупности частных аргументов дифференциальных критериев, согласно [8]. Так, например, в работе [1] предлагается сложный интегральный критерий конкурентоспособности, представляющий собой комплексный количественный показатель и позволяющий установить конкурентную позицию АТП.

В процессе анализа исследований установлено, что модели и подходы к определению конкурентоспособности АТП проработаны в недостаточной степени [3] и требуют дальнейшего уточнения и дополнения. Также выявлено, что большинство используемых показателей и критериев недостаточно соответствуют требованиям, предъявляемым к ним. Согласно [8], набор критериев оценки объектов и систем должен обладать следующими свойствами, делающими его использование оправданным: полнотой, действенностью (операционностью), разложимостью, отсутствием избыточности, минимальной размерностью и при возможности – нормировкой к безразмерному виду.

Кроме того, в работе [11] отмечается, что необходимо разрабатывать специальные показатели, характеризующие качество транспортного обслуживания. Особенно важно совершенствование всей системы технико-экономических показателей, используемых на транспорте, ее обогащение за счет методического совершенствования и научно обоснованной дифференциации».

Цель работы – изыскание и разработка показателей и критериев эффективности работы АТП для создания новых, уточнения и дополнения существующих моделей определения конкурентоспособности АТП.

Задача исследований – на основе физического подхода установить показатели и критерии эффективности работы АТП, соответствующие свойствам, предъявляемым к оценочным критериям.

Изложение основных материалов.

Количественная оценка мероприятий по повышению конкурентоспособности определяется на основе теории эффективности, и в общем виде может быть выражена следующим соотношением, согласно [12]: $\mathcal{E} = \Delta K / Z$, где $\mathcal{E}$ – эффективность мероприятий по повышению конкурентоспособности; ΔK – изменение уровня конкурентоспособности хозяйствующего субъекта в результате осуществления мероприятия; Z – затраты на реализацию мероприятий по повышению конкурентоспособности.

На основе положений теории эффективности, например, предложены аналогичные критерии оценки автотранспорта [8]. Это интегральный показатель комплексной оценки грузового автомобиля $K_a = A / C_{\text{сум}}$, где A – работа, произведенная автомобилем, ткм; $C_{\text{сум}}$ – приведенные затраты на создание, изготовление, эксплуатацию и ремонт автомобиля, стоим. ед., а также технико-экономический показатель $K_{\text{мэ}} = P_{\mathcal{E}} / Z$, где $P_{\mathcal{E}}$ – полезный эффект, Z – суммарные затраты за срок службы автомобиля, стоим. ед.

Необходимо отметить, что несмотря на логичность предложенных показателей K_a и $K_{\text{мэ}}$, исходя из теории эффективности, полученные единицы измерения, например ткм/руб., недостаточно обоснованы и могут быть нормированы на фундаментальной физической основе для соответствия вышеприведенным свойствам критериев оценки. Нормирование может производиться на основе энергоэкономического подхода.

Формирование оценки конкурентоспособности определяется следующим положением: конкуренция – это борьба за получение максимального полезного эффекта на основе максимально эффективного использования ресурсов [3, 4]. Это соответствует универсальному принципу минимума, или «экономии энергии» – стремлению системы к состоянию с минимальной энергией. Логическим следствием данного принципа является применение энергетического (физического) подхода при разработке показателей и критериев эффективности и конкурентоспособности.

Поэтому такой подход является одним из наиболее объективных методов оценки состояния и развития экономики в целом и по ее отдельным отраслям и показателям, а также для определения эффективности конкретных технических средств и технологий. Предложены различные методики расчёта эксплуатационных, полных и приведенных затрат в универсальном энергетическом выражении [13-15].

При этом определяются затраты энергии (полная энергоемкость) на основе применения энергетических эквивалентов, соответствующих энергетическим затратам и овеществленных в производственных ресурсах. Рассчитываются

величины энергетических эквивалентов материальных средств, участвующие в различных видах производства. При таком подходе к расчету, например, эксплуатационных или приведенных затрат каждый показатель представляется в виде его энергетической характеристики, полученной на основе соответствующих энергетических эквивалентов [16].

Энергоэкономический подход также даёт возможность разрабатывать и нормировать показатели и критерии, характеризующие качество и эффективность работ, проектов и технологий. Например, на основе выявления физического смысла технико-экономических критериев, характеризующих конструкции и работу транспорта, установлено [17], что большинство рассматриваемых показателей находится в отношении взаимно однозначного соответствия (изоморфизма) с классическими физическими категориями. Так, например, умножая значение грузооборота на ускорение свободного падения g (по аналогии с выражением для потенциальной энергии), можно привести показатель грузооборота к явному физическому (энергетическому) смыслу, соответствующему выражению для потенциальной энергии, или $E_n = mgl$, Дж (m – масса груза, кг, l – длина, расстояние пути, м), где грузооборот $P = ml$. При этом получается показатель работы (энергии) по грузообороту. Аналогичный подход представлен в [18], где образно рассматривается гравитационная энергетическая составляющая mgS (S – длина, расстояние пути, м) как импульс момента силы веса груза за единицу времени действия.

При выражении показателя эксплуатационных $\mathcal{E}$, или приведенных P_z затрат в единицах работы (энергии) получим интегральный критерий для комплексной оценки деятельности АТП: $K_{АТП} = P/\mathcal{E}$, который может применяться для системного анализа эффективности (конкурентоспособности) работы предприятия и определять рентабельность использования ресурсов. Тем самым также реализуется нормирование данного показателя.

Предложенный критерий может являться характеристикой состояния технико-экономической системы (ТЭС) и мерой приближения к желаемому (оптимальному) состоянию ТЭС (как КПД ТЭС).

Выводы. Критерии оценки эффективности (конкурентоспособности) работы автотранспортных предприятий, соответствующие предъявляемым требованиям, возможно получить и унифицировать на основе физического подхода, предполагающего универсализацию характерных показателей производительности и затрат их выражением в единицах работы (энергии).

Л и т е р а т у р а

1. Теслова С. А. Методика оценки конкурентоспособности грузовых автотранспортных предприятий / С.А. Теслова // Вестник СибАДИ. – 2012. – Вып. 1 (23). – С. 127-130.
2. Воронов, Д. С. Оценка, анализ и выявление путей повышения конкурентоспособности предприятий: 08.00.05 : автореф. дисс. ... канд. экон. наук / Д. С. Воронов. – Ур. гос. техн. ун-т. – Екатеринбург, 2002. – 24 с.
3. Саяпин, В.В. Показатели конкурентоспособности грузового АТП / В. В. Саяпин, С. А. Ширяев, Н. А. Ляпин // Молодой учёный. – 2015. – № 5 (85). – С. 309-315.
4. Саяпин, В.В. Подходы к определению показателей конкурентоспособности грузового автотранспортного предприятия / В.В. Саяпин, Н.А. Ляпин, С. А. Ширяев // Молодой учёный. – 2015. – № 6 (86). – С. 210-213.
5. Багурин, А. А. Анализ производственно-хозяйственной деятельности автотранспортных организаций / А. А. Багурин: учебное пособие для студентов. – М.: Академия, 2004. – 320 с.
6. Фасхиев, Х. А. Как управлять предприятиями / Х. А. Фасхиев, З. Ф. Шигапова // Автоперевозки: грузовые, пассажирские, международные. – 2008. – № 2.
7. Фасхиев, Х. А. Управление конкурентоспособностью автотранспортного предприятия / Х. А. Фасхиев, А. В. Крахмалева, З. Ф. Шигапова // Вестник транспорта. – 2008. – № 1. – С. 28-36.
8. Беляков В. В. Критерии оценки качества транспортно-технологических машин / В. В. Беляков, А. М. Беляев, П. О. Береснев, М. Е. Бушуева, Д. В. Зезюлин, В. Е. Колотилин, Е. Е. Клубничкин, В. Е. Клубничкин, З. А. Кострова, В. С. Макаров, А. В. Михеев, Д. М. Порубов, В. И. Филатов // Машиностроение и транспорт: теория, технологии, производство. Труды НГТУ им. Р. Е. Алексеева. – 2016 – № 4 (115). – С. 128-168.
9. Будылина, Е.А. Подходы к многокритериальности сложных систем / Е. А. Будылина, И. А. Гарькина, А. М. Данилов, С. А. Пылайкин // Молодой ученый. – 2013. – № 6. – С. 40-43.
10. Гарькина, И.А. Управление в сложных технических системах: методологические принципы управления / И. А. Гарькина, А. М. Данилов // Региональная архитектура и строительство. – 2012. – № 1 (12). – С. 39-43.
11. Канторович, Л. В. Проблемы эффективного использования и развития транспорта / Л. В. Канторович. – М.: Наука, 1989. – 304 с.
12. Воронов, Д. С. Методика повышения конкурентоспособности предприятия / Д. С. Воронов, В. В. Криворотов // Проблемы развития территорий. – 2017. – № 5 (19). – С. 59-74.
13. Самойлова, Н. В. Методика энергоэкономической оценки сельскохозяйственного производства через энергетические эквиваленты стоимости продукции отраслей / Н. В. Самойлова // Известия ТСХА. – Москва, 2013. – Вып. 6. – С. 94-100.
14. Усенко, А. В. Экономические аспекты повышения энергетической эффективности производства сельскохозяйственной продукции: 08.00.05 : автореф. дисс. ... канд. экон. наук / А. В. Усенко. – Луганск, 2004. – 19 с.
15. Щитов, С. В. Энергетическая оценка транспортно-технологического обеспечения производства сельскохозяйственных культур / С. В. Щитов, З. Ф. Кривуца // Вестник КрасГАУ. – Красноярск, 2011. – № 11(62). – С. 180-185.
16. Миндрин, А. Энергетические эквиваленты производства продовольствия / А. Миндрин // Международный сельскохозяйственный журнал. – Москва, 1996. – № 2. – С. 42-45.

17. Панков, А. А. Синтез показателей эффективности работы транспорта на основе физико-экономического подхода / А. А. Панков, И. Г. Михайлова, Е. Ю. Бирик // История и перспективы развития транспорта на севере России (к 185-летию железных дорог России): Сборник научных статей. – Ярославль: Ярославский филиал ПГУПС, 2022. – С. 122-125.

18. Пастухов, А. Г. Оценка топливно-энергетической эффективности транспортных средств / А. Г. Пастухов, М. И. Романченко // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – 2009. – № 3. – С. 11–17.

Pankov A. A., Nechaev G. I., Bibik E. Yu., Mihajlova I. G.

DEVELOPMENT OF COMPETITIVENESS INDICATORS MOTOR TRANSPORT COMPANIES BASED ON A PHYSICAL APPROACH

In work based on the energy-economic and physical approaches, an integral criterion is proposed for a comprehensive assessment of the activities of a motor transport enterprise. It is developed on the basis of expressing the main technical and economic indicators of transport operation (cargo turnover, operational and reduced costs) in energy units and subsequent normalization to a dimensionless form to meet the required properties of the criteria for evaluating systems. Application of the integral criterion will allow to unify approaches in assessing the efficiency of enterprises, systematically analyze their competitiveness and determine the profitability of resource use. The proposed criterion can be a characteristic of the state of the technical and economic system and a measure of approximation to its desired (optimal) state.

Key words: transport, enterprise, indicator, competitiveness, cargo turnover, costs, energy, equivalent.

Панков Андрей Александрович, д.т.н., профессор кафедры «Транспортные технологии» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», Луганск.
E-mail: app.post@rambler.ru

Pankov Andrej Aleksandrovich, Doctor of engineering, Professor of the Department "Transport technologies" SEE HT LPR «Luhansk Vladimir Dahl State University».

Нечаев Григорий Иванович, д.т.н., профессор кафедры «Транспортные технологии» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», Луганск.
E-mail: logistikatt@mail.ru

Nechaev Grigorij Ivanovich, Doctor of engineering, Professor of the Department "Transport technologies" SEE HT LPR «Luhansk Vladimir Dahl State University».

Бирик Елена Юрьевна, д.м.н., профессор, заведующая кафедрой «Фундаментальная и клиническая фармакология» ГУ ЛНР «Луганский государственный медицинский университет имени Святителя Луки», Луганск
E-mail: helen_birik@mail.ru

Bibik Elena Yurievna, Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Fundamental and Clinical Pharmacology of the SI LPR "Lugansk State Medical University named after St. Luke", Lugansk.

Михайлова Ирина Геннадиевна, старший преподаватель кафедры «Мировая экономика» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», Луганск
E-mail: tilinstitut@gmail.com

Mihajlova Irina Gennadievna, senior lecturer of the Department of "World Economy" SEE HT LPR «Luhansk Vladimir Dahl State University».

Рецензент: Киреев Андрей Николаевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Железнодорожный транспорт» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 15.11.2022 г.

УДК 669.15'24'26'28.018.58 – 194:623.438 [532.5:539.5]

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАГНИТНЫХ ПАРАМЕТРОВ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ГЛАДКОСТВОЛЬНОЙ ПУШКИ 2А46М БОЕВОГО ТАНКА Т-72БЗ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Парсентьев О.С.

DETERMINATION OF MAGNETIC PARAMETERS OF THE MATHEMATICAL MODEL OF THE 2A46M SMOOTH-BORE GUN BATTLE TANK T-72BZ OF THE RUSSIAN FEDERATION

Parsentev O.S.

Работа посвящена исследованию магнитных характеристик гладкоствольной 125-мм пушки 2А46М боевого танка Т-72 БЗ Российской Федерации.

Проанализировано влияние негативных факторов, влияющих на работу пушки 2А46М.

В качестве диагностических параметров для контроля состояния пушечной стали рекомендуется использовать такие параметры, как намагниченность насыщения, коэрцитивная сила и величина магнитоупругой кристаллической энергии.

Намагниченность насыщения образцов пушечной стали 7ПСК, 8С, 51С, 49С, 11С и стали с системой легирования «Fe – W – V – Cr» определяется по экспериментальным формулам Я.Г. Дорфмана, Ф.М. Гальперина, Б.А. Садикова и т.д.

Напряженность размагничивающего поля указанных выше сталей определяется методом интегральных уравнений с использованием ряда допущений.

Коэрцитивная сила и величина магнитоупругой кристаллической энергии для указанных марок сталей определяется аналитическим путем.

Построены соответствующие аналитические зависимости намагниченности насыщения, напряженности размагничивающего поля, коэрцитивной силы и магнитоупругой кристаллической энергии от коэффициента размагничивания.

Коэффициент размагничивания определяется по экспериментальной формуле Окоши.

Для устранения в пушках танков различных деформаций, вмятин, трещин рекомендуется применять упрочнение поверхностного слоя пушки холодным пластическим деформированием, путем накатки роликами с контролем приложенного усилия, так как это напрямую оказывает влияние на калибр орудий и их эксплуатационную надежность.

Ключевые слова: *гладкоствольная пушка, пушечная сталь, система легирования, намагниченность насыщения, элементарный объем, напряженность размагничивающего поля, коэрцитивная сила, величина магнитоупругой и кристаллической энергии, коэффициент размагничивания.*

Введение. В настоящее время существует достаточное количество численных методов для расчета магнитных полей в линейных и нелинейных средах, среди которых для рассматриваемой проблемы анализа поля предпочтительным является метод интегральных уравнений. На этом методе и будут в дальнейшем базироваться теоретические исследования.

Исследования будут проводиться на базе образца – гладкоствольной 125-мм танковой пушки 2А46М боевого танка Российской армии Т-72БЗ [16].

Пушка танка 2А46М устанавливается непосредственно на танке, предназначена для борьбы с танками, самоходными орудиями и другими бронированными целями, подавления и уничтожения артиллерии, огневых средств и живой силы противника (рис. 1).

Для стрельбы из пушки применяются выстрелы раздельного заряжания с бронебойным подкалиберным, кумулятивным, осколочно-фугасными снарядами и управляемой ракетой.

Основным видом огня из пушки является стрельба прямой наводкой и с закрытых огневых позиций.

С момента принятия на вооружение Т-72 и его модификации активно применялись во всех вооруженных конфликтах планеты.

Пушки танков могут подвергаться значительным контактными нагрузкам, когда они своей массой, на ходу сносят различные оборонительные укрепления противника, задевая их стволом пушки. От этого в пушке танков могут появляться деформации, трещины, повреждения осколками, пробоины, вмятины на кожухе ресивера, а также попадание в канал трубы посторонних предметов, и т.д.

Кроме этого, от стрельбы в пушке танка могут появиться раздутие трубы ствола и зародиться внутренние быстроразвивающиеся дефекты.

Причем последние невозможно диагностировать в пушке без наличия специального оборудования и эталонных образцов.

В работе предлагается использовать намагниченность насыщения, коэрцитивную силу и энергию магнитного поля как эталонные параметры для определения быстроразвивающихся дефектов в гладкоствольной пушке 2А46М.

Целью работы является определение эталонных диагностических параметров – намагниченности насыщения, коэрцитивной силы и энергии

магнитного поля для обнаружения быстроразвивающихся дефектов в стволе гладкоствольной пушки 2А46М.

В работе делается допущение о том, что:

– наружная поверхность гладкоствольной пушки 2А46М не имеет ступеней, т.е. представляет собой полый цилиндр, выполненный из катаной гомогенной стали, длина которого будет изменяться от 6383 до 10000 мм, внутренний диаметр (калибр) 125 мм и наружный диаметр, который будет изменяться от 150 до 225 мм (рис. 1 - 3);



Рис. 1. Боевой танк Российской Федерации – Т – 72 Б3

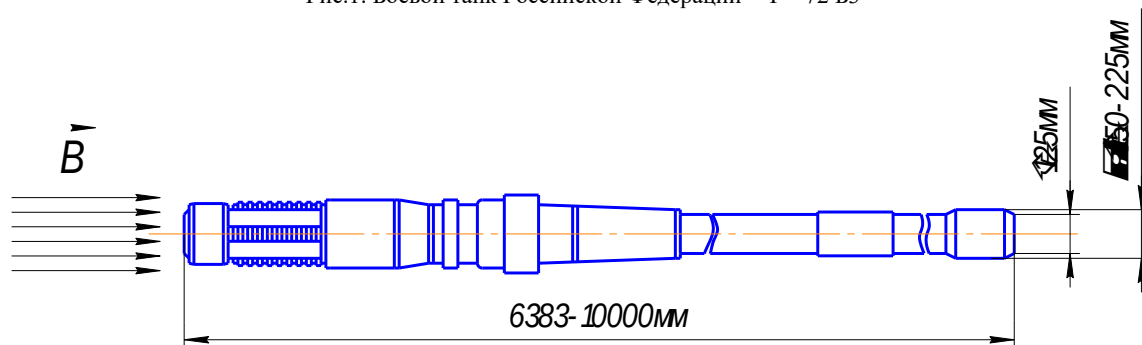


Рис. 2. Гладкоствольная пушка 2А46М и ее представление в виде полого цилиндра с изменяющимся наружным диаметром и длиной ствола для расчета магнитных характеристик.

Силовые линии магнитного поля $\vec{B}$ направлены к исследуемому образцу пушки, как показано на рисунке

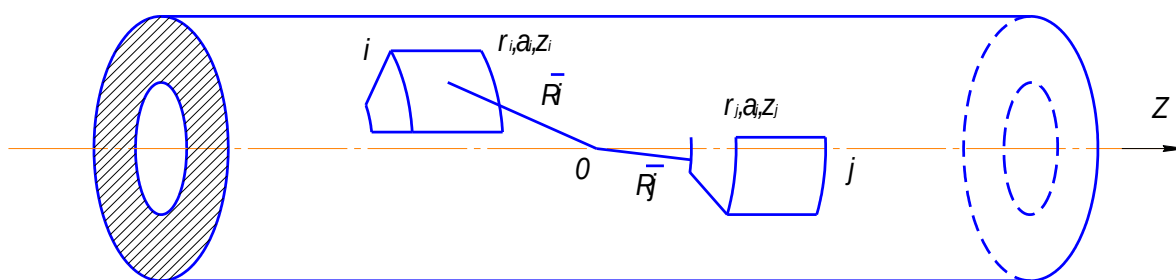


Рис. 3. Представление участка математической модели пушки 2А46М для определения магнитных характеристик

- вихревые токи в материале образца – ствола пушки – равны нулю;
- в каждом элементарном объеме (ЭО) намагниченность насыщения $\bar{M} = \text{const}$;
- намагниченность насыщения материала исследуемого образца не превышает $1,8 \cdot 10^6$ А/м;
- содержание вольфрама и других легирующих элементов в броневой стали не превышает ≤ 18 %.

Назначение математической модели – установить параметры намагниченности насыщения, напряженности размагничивающего поля, величину коэрцитивной силы и магнитоупругой кристаллической энергии по содержанию немагнитной фазы-углерода и легирующих элементов в гладкоствольной пушке.

Для исследования магнитных характеристик образца гладкоствольной пушки 2А46М с двумя фазами предлагается метод построения модели, основная идея которого заключается в том, что образец представляется суммой ЭО, причем ЭО делятся на две группы: магнитные и немагнитные (рис. 3). Объем пушки разбивается на ЭО одинаковых геометрических размеров, которые симметрично чередуются по принципу: магнитные и немагнитные.

Размеры ЭО выбираются так, чтобы их уменьшение не влияло сколько-нибудь значительно на величину магнитного поля.

Так как сталь пушки 2А46М содержит две фазы – магнитную и немагнитную, то геометрическая модель, учитывающая величину размагничивающего фактора ферромагнитных частиц N , строится следующим образом.

Выбирается призматический элементарный объем таким, чтобы он соответствовал необходимой величине коэффициента размагничивания. Далее, объем этой пушки заполняется ЭО с заданными значениями N .

Определение магнитных характеристик ствола пушки производится расчетным путем с использованием данных о ее геометрических размерах и содержания в стали орудия легирующих элементов.

Весь объем пушки 2А46М разбивается на малые ЭО и численным методом рассчитывается поле вектора напряженности внутри образца; при расчете величина магнитной восприимчивости материала считается величиной постоянной, заведомо большей максимальной магнитной восприимчивости материала, так чтобы поле в образце определялось не магнитными свойствами материала, а геометрией образца и наличием в нем легирующих элементов (рис. 3). Рассчитывается вектор намагниченности $\bar{M}$.

При фиксированных значениях намагниченности насыщения рассчитывается вектор напряженности размагничивающего поля, коэрцитивная сила и магнитоупругая кристаллическая энергия пушечной стали.

Для определения намагниченности насыщения мартенсита углеродистых сталей используем формулу,

предложенную Я.Г. Дорфманом и Ф.М. Гальпериным в 1919 году [14, 15] в виде (А/м):

$$M_m = \frac{(1720 - 219q) \cdot 10^{-4}}{\mu_0}, \quad (1)$$

где μ_0 – магнитная постоянная.

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м};$$

q – процент углерода в стали по массе.

Для сравнения результата полученного по формуле (1) воспользуемся расчетной формулой Б.А. Садикова [12] для определения намагниченности мартенсита насыщения (А/м):

$$M_m = \frac{(1720 - 17,2q) \cdot 10^{-4}}{\mu_0}. \quad (2)$$

Данная формула была выведена исходя из предположения, что снижение намагниченности мартенсита вызвано уменьшением массы железа на долю, равную массе углерода. При ее выводе не учитывается изменение плотности железа при образовании мартенсита. Это не позволяет считать данную формулу достаточно корректной, несмотря на тот факт, что ее использовали для количественных расчетов ряд других авторов [13, 14, 15].

Проверку этой формулы проводили на образцах, прошедших после закалки отпуск при 180°C в течение 100 часов. Однако такой отпуск вызывает значительный распад мартенсита закалки, но не приводит к полному превращению остаточного аустенита.

Дальнейших попыток теоретического расчета намагниченности мартенсита не предпринималось.

Расчет намагниченности мартенсита проводился на углеродистых сталях с содержанием углерода от 0,40 до 1,2%. Особое внимание обращалось на однородность образцов в отожженном состоянии. В партии образцов, состоящей из 10 шт., для каждой марки стали намагниченность отличалась на величину, не превышающую $\pm 0,5\%$. Температура нагрева под закалку для всех сталей была 1050°C ; охлаждение производилось в 10%-ном растворе едкого натра. После замера намагниченности все образцы немедленно охлаждали в жидком азоте.

После отпуска на 100, 150, 175 и 200°C определялось максимальное снижение намагниченности, обусловленное распадом мартенсита. Величина этого распада для сталей 7ПСК, 8С, 51С, 49С и 11С оказывается практически одинаковой при всех температурах отпуска, но скорость распада мартенсита увеличивается с температурой.

Образцы, отпускавшиеся при 200°C для определения эффекта снижения намагниченности за счет распада мартенсита, подвергали дополнительному отпуску при этой же температуре для распада остаточного аустенита и достижения максимального значения намагниченности.

Полученные значения были использованы для расчета намагниченности неотпущенного мартенсита в сталях. Результаты вычислений позволили написать формулу намагниченности мартенсита в виде (А/м) [3]:

$$M_m = \frac{(1720 - 74q) \cdot 10^{-4}}{\mu_0} \text{ для } q \leq 1,2\% \text{ C.} \quad (3)$$

Пересчет производился с помощью образца из армо-железа, намагниченность которого была принята равной около 136875,00 А/м.

Намагниченность насыщения, полученную по формуле (3), следует считать несколько заниженной.

Количество остаточного аустенита сравнивали с данными работы Робертса, полученными с помощью прецизионной рентгеноструктурной методики определения остаточного аустенита в закаленных и охлажденных в жидком азоте углеродистых сталях. Проведенное сравнение показало очень хорошее совпадение с данными Робертса [1]. Это указывает на практическую применимость предлагаемого метода расчета намагниченности мартенсита.

Однако использование этого метода ограничено двумя условиями: наличием эффекта снижения намагниченности за счет распада мартенсита при относительно низкой температуре и не слишком высокой устойчивостью остаточного аустенита, позволяющей осуществить его распад при температуре, мало отличающейся от используемой для получения распада мартенсита.

Таким образом, из-за отсутствия практического способа получения мартенситной структуры сталей и метода теоретической оценки намагниченности мартенсита задачу определения остаточного аустенита в закаленной стали с помощью мартенситных эталонов нельзя считать окончательно решенной.

Графики зависимости намагниченности насыщения от содержания углерода $M_m = f(C)$ в образцах пушечных сталей 7ПСК, 8С, 51С, 49С и 11С с указанными геометрическими параметрами (рис. 2) представлены на рис.4.

Анализ рис.4 позволяет сделать заключением о том, что исследуемые функции $M_m = f(C)$ представляют собой убывающие аналитические зависимости при увеличении содержания углерода в указанных марках сталей.

Так как сталь пушки 2А46М легирована элементами по системе «Fe – W – V – Cr» [3], для которой в интервале концентрации вольфрама, ванадия и хрома, соответственно, 6,5; 0,5 и 3,5% (по массе), то для нее выполняется следующий закон аддитивности (А/м):

$$M_m = \frac{(21600 - 299W\% - 159V\% - 279Cr) \cdot 10^{-4}}{\mu_0}. \quad (4)$$

В тех случаях, когда расчетный метод используется для определения намагниченности эталона применительно к исследованию сложной системы, удается рассчитать значение намагниченности, соответствующее только комнатной температуре.

Графики зависимости намагниченности насыщения от содержания легирующего элемента – хрома $M_m = f(Cr)$ в указанных марках пушечных сталей 7ПСК; 8С; 51С; 49С; 11С и стали с системой легирования «Fe – W – V – Cr», а также зависимость намагниченности насыщения от содержания легирующих элементов – ванадия и вольфрама $M_m = f(V, W)$ для пушечной стали с системой легирования «Fe – W – V – Cr», представлены на рис. 5.

Анализ графиков 1 – 6 на рис. 5 позволяет сделать заключением о том, что исследуемые функции $M_m = f(Cr)$ будут представлять убывающие аналитические зависимости при увеличении концентрации легирующего элемента – хрома в образцах пушечной стали.

Анализ графиков 7 и 8 на рис. 5 позволяет сделать заключением о том, что исследуемые функции $M_m = f(W; V)$ при увеличении концентрации легирующих элементов вольфрама и ванадия представляют также убывающие аналитические зависимости.

Далее, для расчета напряженности размагничиваемого поля, коэрцитивной силы и магнитоупругой кристаллической энергии стальной пушки 2А46М необходимо определить среднее значение намагниченности насыщения полученное по формулам (1) – (3) [3]:

$$M_i = \frac{M_1 + M_2 + M_3}{3}. \quad (5)$$

Коэффициент размагничивания для пушки 2А46М определяется по формуле Окоши [4]:

$$N_y = \frac{2,94}{4\pi} (p^{-0,87} - 0,0783), \quad (6)$$

где $p = \frac{l}{S}$;

l – длина ствола пушки без учета зарядной каморы, м $l=5543$ м;

S – площадь поперечного сечения боковой поверхности пушки, м².

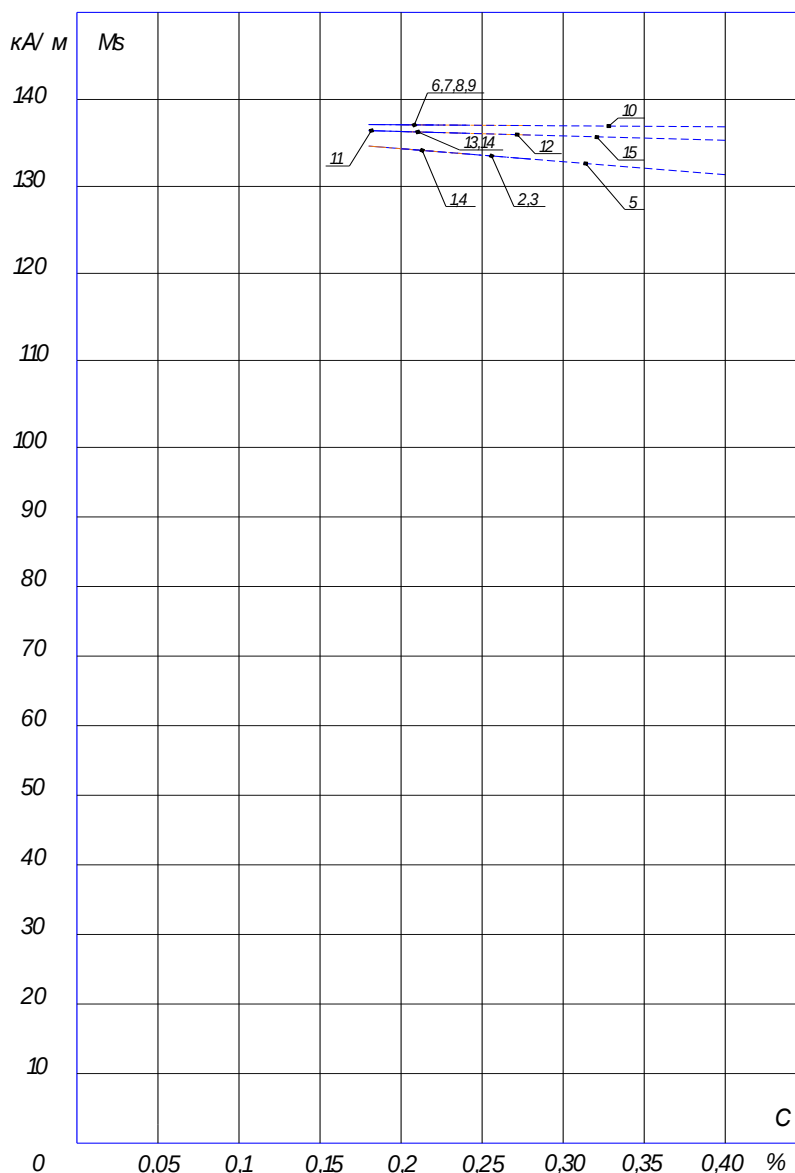


Рис. 4. Графики зависимости намагниченности насыщения мартенсита от процентного содержания углерода

$$M_m = f(C), \text{ рассчитанные:}$$

- а) по формуле (1) и построенные для пушечной стали марки: 1 – 7ПСК; 2 – 8С; 3 – 51С; 4 – 49С; 5 – 11С;
 б) по формуле (2) и построенные для пушечной стали марки: 6 – 7ПСК; 7 – 8С; 8 – 51С; 9 – 49С; 10 – 11С;
 в) по формуле (3) и построенные для пушечной стали марки: 11 – 7ПСК; 12 – 8С; 13 – 51С; 14 – 49С; 15 – 11С

Напряженность размагничивающего поля определяется путем использования формулы скалярного магнитного потенциала, создаваемого намагниченностью образца пушки, который равен [5-7]:

$$\varphi_i = \frac{1}{4\pi} \cdot \sum_{j=1}^N \int_{\Delta S_j} \frac{\bar{M}_i \bar{d}S_j}{|r_j - r_i|}, \quad (7)$$

где $\bar{M}$ – намагниченность в ЭО, А/м;
 ΔS_j – поверхность ЭО, м²;

$\bar{r}_i, \bar{r}_j$ – векторы, проведенные в точку наблюдения и в точку источника, м;

N – количество ЭО, на которое разбивается область, занятая ферромагнитным материалом.

Учитывая, что $d\bar{S}_i = \bar{n}_j dS$, где $\bar{n}_j$ – нормаль к поверхности ЭО, получим:

$$\varphi_i = \frac{1}{4\pi} \cdot \sum_{j=1}^N \int_{\Delta S_j} \frac{\bar{M}_i \bar{n}_j \cdot dS_j}{|r_j - r_i|}. \quad (8)$$

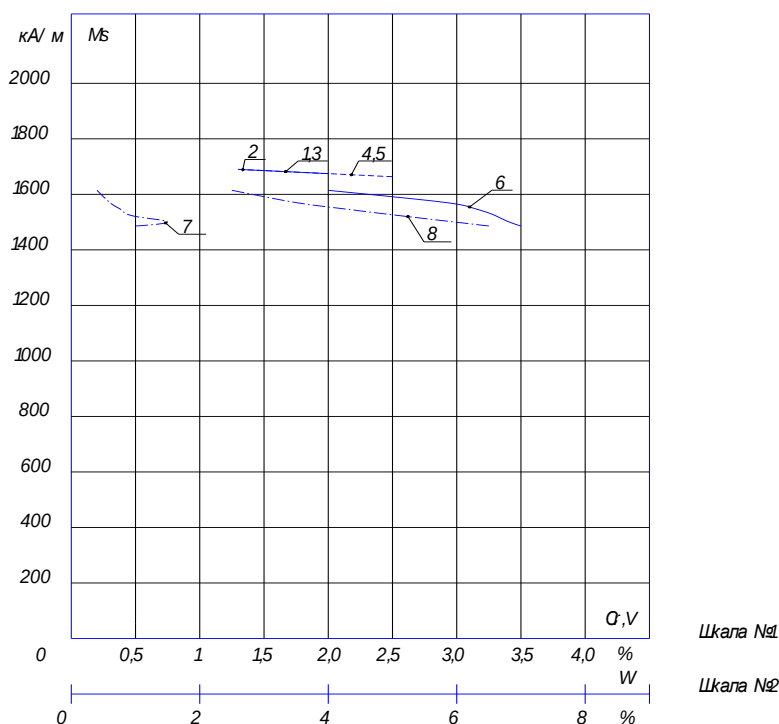


Рис. 5. Графики зависимости намагниченности насыщения от содержания легирующего элемента:

- хрома $M_m = f(Cr)$, построены для пушечных сталей: 1 – 7ПСК; 2 – 8С; 3 – 51С; 4 – 49С; 5 – 11С и стали (6) с системой легирования «Fe – W – V – Cr» (Шкала №1);
- ванадия $M_m = f(V)$, построены для пушечной стали (7) с системой легирования «Fe – W – V – Cr» (Шкала №1);
- вольфрама $M_m = f(W)$, построены для пушечной стали (8) с системой легирования 8 – «Fe – W – V – Cr» (Шкала №2)

Согласно формуле (7), напряженность размагничивающего поля в точке наблюдения i , создаваемая j -ым ЭО, равна [8,9]:

$$\Delta H_{\sigma} = -grad\varphi_i = -\frac{1}{4\pi} \left[\bar{I} p \frac{\partial}{\partial p_i} \sum_{i=1}^6 \int_{\Delta S_i} \bar{M}_{ji} \cdot \bar{n}_{ji} \frac{1}{|r_j - r_i|} dS_{ji} + \right. \\ \left. + \bar{I} \alpha \cdot \frac{1}{\rho_i} \frac{\partial}{\partial \alpha_i} \sum_{i=1}^6 \int_{\Delta S_j} \bar{M}_{ji} \cdot \bar{n}_{ji} \frac{1}{|r_j - r_i|} dS_{ji} + \right. \\ \left. + \bar{I} z \cdot \frac{\partial}{\partial z_i} \sum_{i=1}^6 \int_{\Delta S_j} \bar{M}_{ji} \cdot \bar{n}_{ji} \frac{1}{|r_j - r_i|} dS_{ji} \right], \quad (9)$$

$$\text{где } |r_j - r_i| = \sqrt{(z_j - z_i)^2 + (\rho_j^2 + \rho_i^2 - 2\rho_j\rho_i \cos(\alpha_j - \alpha_i))} = R_{ji}.$$

С учетом составляющих векторов внешнего поля намагничивания составляющие вектора напряженности поля в i -ом ЭО будут равны [10,11]:

$$H_{\rho i} = \sum_{j=1}^N C_{\rho \rho i} M_{\rho i} + \sum_{j=1}^N C_{\rho \alpha j} M_{\alpha j} + \sum_{j=1}^N C_{\rho z j} M_{z j} + H_{\rho i}; \\ H_{\alpha i} = \sum_{j=1}^N C_{\alpha \rho i} M_{\rho i} + \sum_{j=1}^N C_{\alpha \alpha j} M_{\alpha j} + \sum_{j=1}^N C_{\alpha z j} M_{z j} + H_{\alpha i}; \quad (10) \\ H_{z i} = \sum_{j=1}^N C_{z \rho i} M_{\rho i} + \sum_{j=1}^N C_{z \alpha j} M_{\alpha j} + \sum_{j=1}^N C_{z z j} M_{z j} + H_{z i}.$$

Модуль вектора напряженности магнитного поля (А/м):

$$H_{i\sigma} = \sqrt{(H_{\rho i})^2 + (H_{\alpha i})^2 + (H_{z i})^2}. \quad (11)$$

Величина коэрцитивной силы пушки определяется по формуле Кармазина [2] (А/м):

$$H_c = \sqrt{\frac{H_{i\sigma}}{123}}. \quad (12)$$

Искомая величина энергии магнитного поля определяется по формуле (Дж):

$$W_n = \frac{\mu_0 H_c^2 \cdot V_m}{2}, \quad (13)$$

где V_m – объем ферромагнитного тела – пушки, м³.

Аналитическая зависимость $M_s = f(N_u)$, рассчитанная по формулам (4) – (6) для пушечной стали с системой легирования «Fe – W – V – Cr», при изменении:

– наружного диаметра ствола D_n от 0,150 до 0,225 м и постоянной длины $l = \text{const}$ показана кривой 1, на рис. 6;

– длины ствола $l = \text{var}$ от 6,383 до 10,0 м и постоянном наружном диаметре $D_n = 0,175 \text{ м} = \text{const}$, показана кривой 2, на рис. 6.

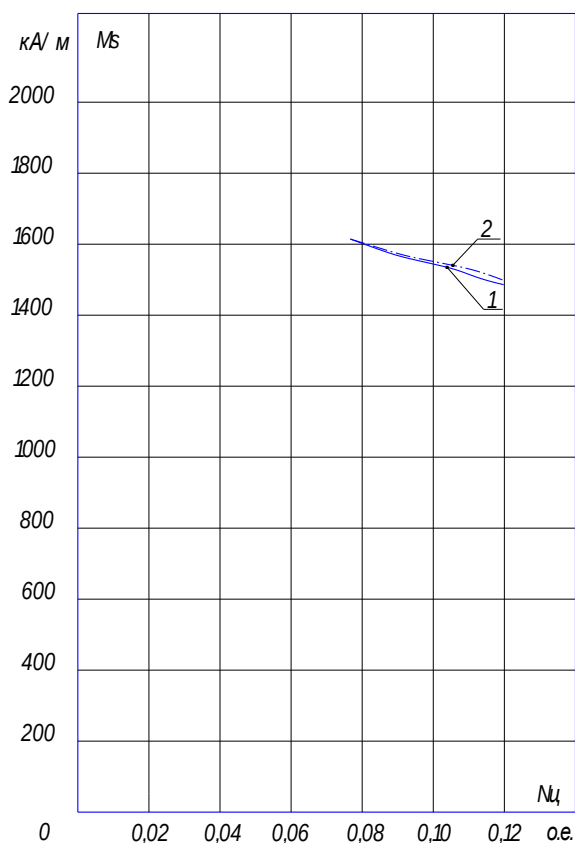


Рис. 6. Зависимости $M_s = f(N_u)$ для пушечной стали с системой легирования «Fe – W – V – Cr», при:

1) $D_n = \text{var}$ и $l = \text{const}$; 2) $D_n = \text{const}$ и $l = \text{var}$

Анализ зависимости 1 на рис. 6 позволяет сделать заключение о том, что при постоянстве длины ствола пушки $l = \text{const}$, изменении наружного диаметра пушки D_n в сторону увеличения в указанных пределах приводит к увеличению коэффициента размагничивания и убыванию намагниченности насыщения по линейному закону.

Анализ зависимости 2 на рис. 6 позволяет сделать заключение о том, что при постоянстве

наружного диаметра пушки $D_n = 0,175 \text{ м} = \text{const}$ и изменении длины ствола l в сторону увеличения в указанных пределах приводит также к увеличению коэффициента размагничивания и убыванию намагниченности насыщения по линейному закону.

Однако зависимость 2, представленная на рис. 6, отличается от зависимости 1 большей жесткостью.

На рис. 7 представлены графики зависимости коэрцитивной силы от коэффициента размагничивания $H_c = f(N_u)$ для пушечных сталей 7ПСК, 8С, 51С, 49С, 11С и пушечной стали с системой легирования «Fe – W – V – Cr», рассчитанные по формулам (1)-(12) при неизменном внутреннем и наружном диаметрах ствола пушки и изменении ее длины $l = \text{var}$ от 6,383 до 10 м.

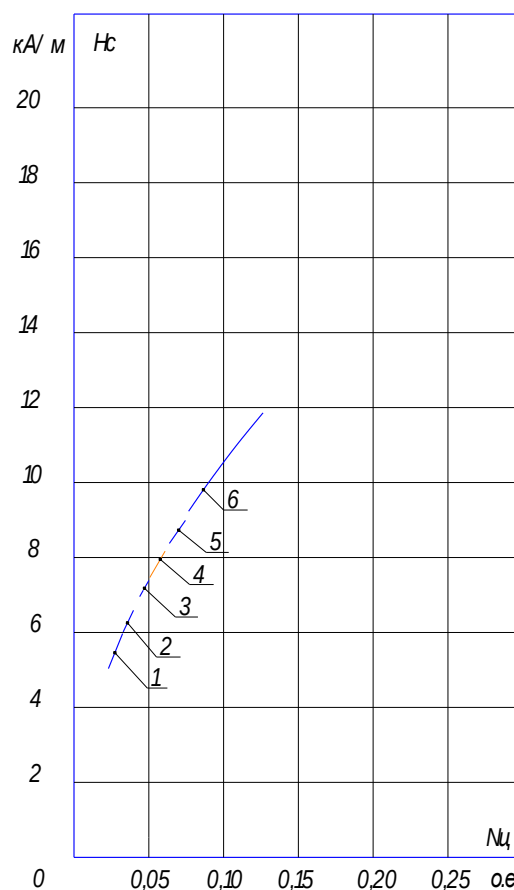


Рис. 7. Графики зависимости коэрцитивной силы от коэффициента размагничивания $H_c = f(N_u)$, построенные при изменении длины ствола $l = \text{var}$ от 6,383 до 10 м и неизменном наружном диаметре для пушечных сталей: 1 – 7ПСК; 2 – 8С; 3 – 51С; 4 – 49С; 5 – 11С; 6 – с системой легирования «Fe – W – V – Cr»

Анализ рис. 7 позволяет сделать заключение о том, что исследуемые характеристики $H_c = f(N_u)$ при постоянстве наружного диаметра пушки $D_n = \text{const}$ и изменении длины ствола l в сторону увеличения в указанных пределах приводит к

увеличению коэффициента размагничивания и возрастанию коэрцитивной силы по степенной зависимости.

На рис. 8, 9 представлены аналитические зависимости энергии магнитного поля от коэффициента размагничивания $W = f(N_u)$, построенные для рассматриваемых марок сталей,

при изменении длины ствола $l = \text{var}$ от 6,383 до 10 м и неизменном внутреннем и наружном диаметрах.

Анализ рис. 8 позволяет сделать заключение о том, что исследуемые характеристики $W = f(N_u)$ при постоянстве наружного диаметра пушки $D_n = \text{const}$ и изменении длины ствола l в сторону увеличения в указанных пределах представляют собой сложные аналитические зависимости.

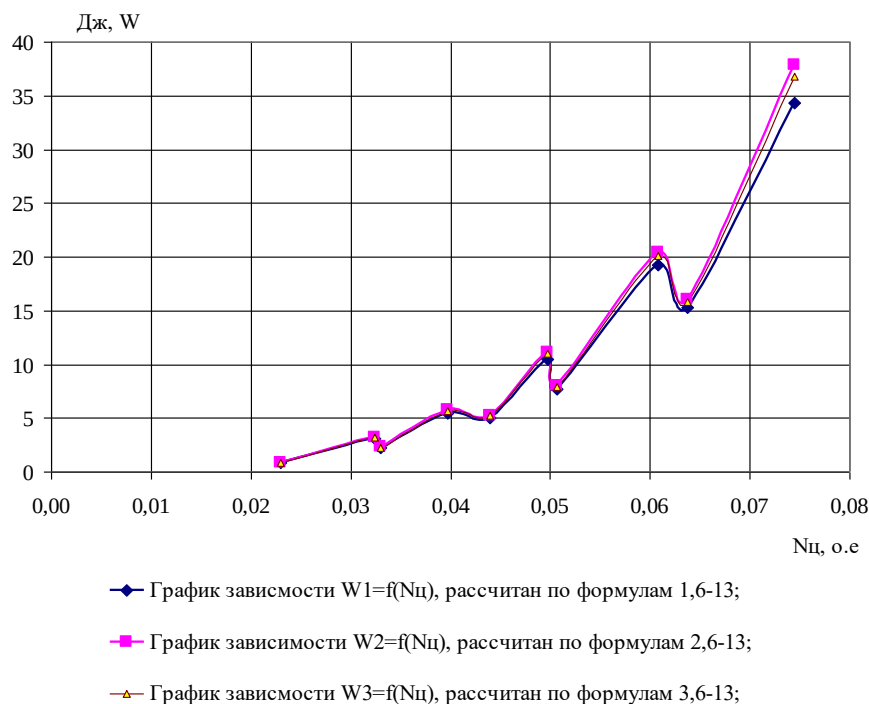


Рис. 8. Аналитические зависимости энергии магнитного поля от коэффициента размагничивания $W = f(N_u)$, построенные для указанных марок пушечных сталей, при изменении длины ствола $l = \text{var}$ и неизменном внутреннем и наружном диаметрах пушки

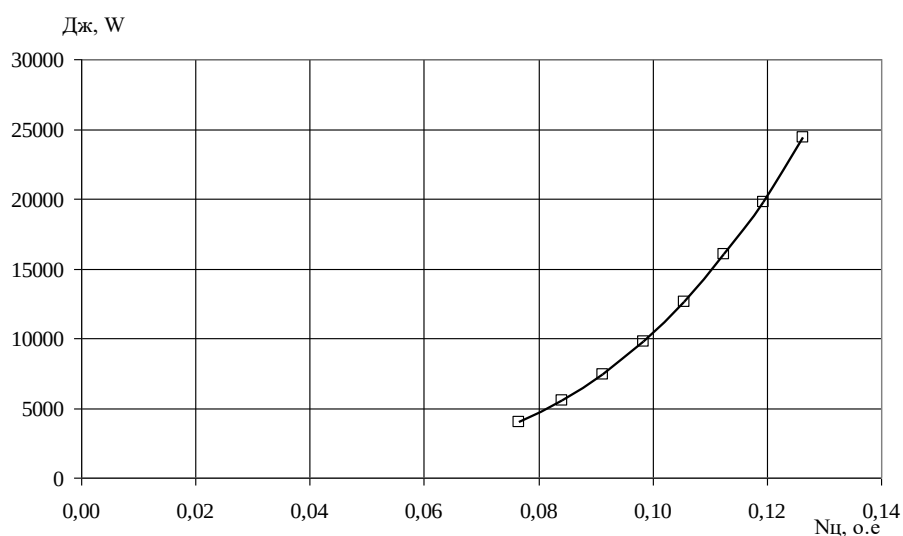


Рис. 9. Аналитическая зависимость энергии магнитного поля от коэффициента размагничивания $W = f(N_u)$, построенная для стали с системой легирования «Fe – W – V – Cr», при изменении длины ствола $l = \text{var}$ и неизменном внутреннем и наружном диаметрах пушки

Анализ рис. 9 позволяет сделать заключение о том, что исследуемая характеристика $W = f(N_y)$ при постоянстве наружного диаметра пушки $D_n = \text{const}$ и изменении длины ствола l в сторону увеличения в указанных пределах приводит к возрастанию коэффициента размагничивания и магнитоупругой кристаллической энергии по степенной зависимости.

На рис. 10 представлены зависимости значения коэрцитивной силы от коэффициента размагничивания $H_c = f(N_y)$ для сталей 7ПСК, 8С, 51С, 49С, 11С и стали с системой легирования «Fe – W – V – Cr», рассчитанные по формулам (1)-(8) и построенные при постоянной длине ствола пушки $l = \text{const}$ и изменении ее наружного диаметра $D = \text{var}$ от 0,150 до 0,225 м.

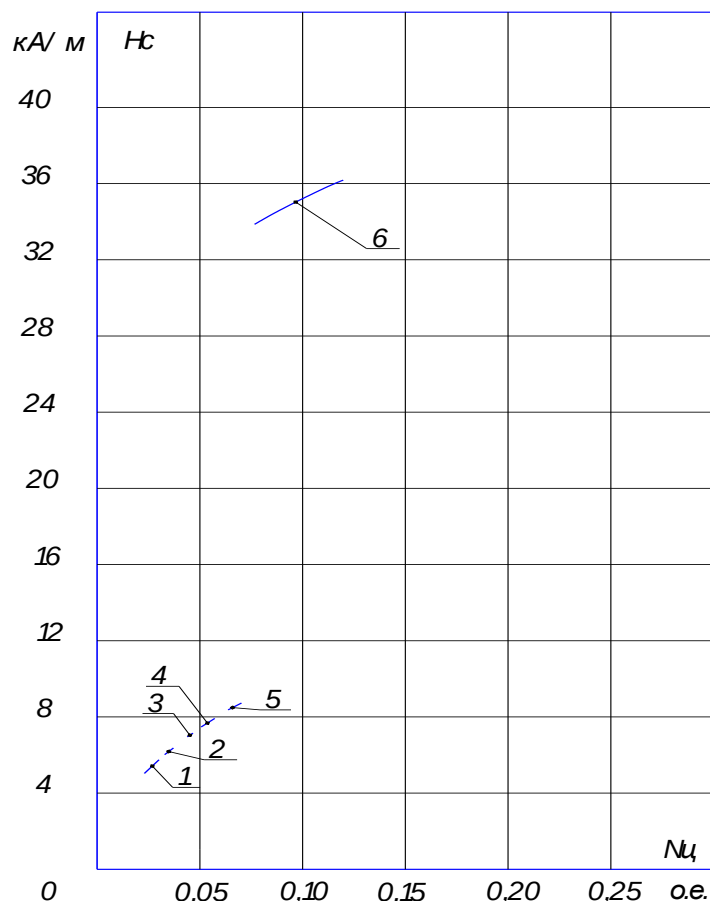


Рис. 10. Графики зависимости коэрцитивной силы от коэффициента размагничивания $H_c = f(N_y)$, построенные при изменении наружного диаметра пушки $D = \text{var}$ от 0,150 до 0,225 м и постоянной длине ствола пушки $l = 6,383 \text{ м} = \text{const}$ для пушечных сталей: 1 – 7ПСК; 2 – 8С; 3 – 51С; 4 – 49С; 5 – 11С; 6 – с системой легирования «Fe – W – V – Cr»

Анализ рис. 10 позволяет сделать заключение о том, что исследуемые характеристики $H_{ср} = f(N_y)$ при постоянной длине ствола пушки $l = \text{const}$ и изменении ее наружного диаметра в указанных пределах принимают возрастающие степенные зависимости с дробно-рациональным значением показателей.

На рис. 11, 12 представлены аналитические зависимости энергии магнитного поля от коэффициента размагничивания $W = f(N_y)$, построенные для рассматриваемых марок пушечных сталей, при неизменной длине пушки $l = \text{const}$ и изменении ее наружного диаметра $D = \text{var}$ от 150 до 225 мм.

Анализ рис. 11 позволяет сделать заключение о том, что исследуемые характеристики $W = f(N_y)$ при постоянной длине ствола пушки $l = \text{const}$ и изменении ее наружного диаметра в указанных пределах представляет собой степенные зависимости с дробно-рациональным значением показателя.

Анализ рис. 12 позволяет сделать заключение о том, что исследуемая характеристика $W = f(N_y)$ при постоянной длине ствола пушки $l = \text{const}$ и изменении ее наружного диаметра в указанных пределах представляет собой степенную зависимость с дробно-рациональным значением показателя.

На рис. 13 представлен график зависимости размагничивающего поля пушки 2А46М от коэффициента размагничивания $H_\sigma = f(N_u)$,

построенного для указанных марок бронированной стали, при постоянной длине ствола $l = \text{const}$ и изменении его наружного диаметра $D = \text{var}$.

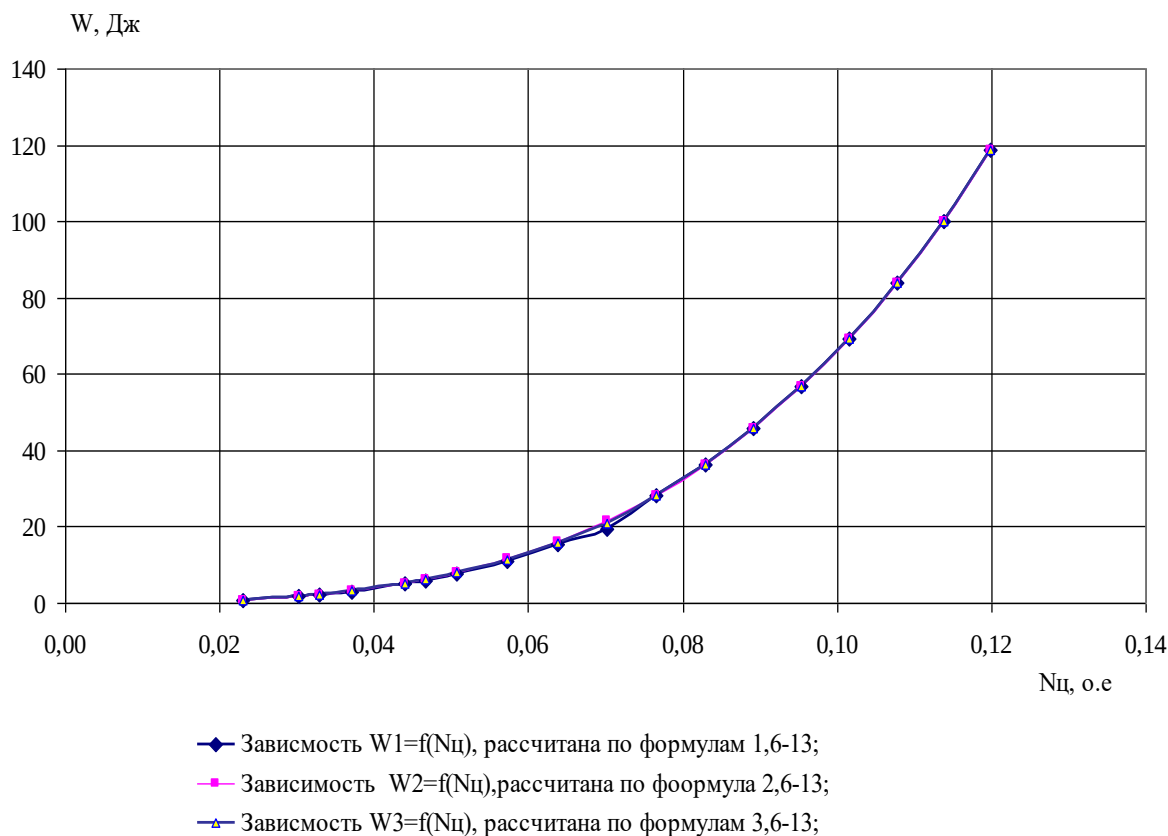


Рис. 11. Аналитические зависимости энергии магнитного поля от коэффициента размагничивания $W = f(N_u)$, построенные для указанных марок броневых сталей, при изменении наружного диаметра ствола $D = \text{var}$ и неизменной длине пушки

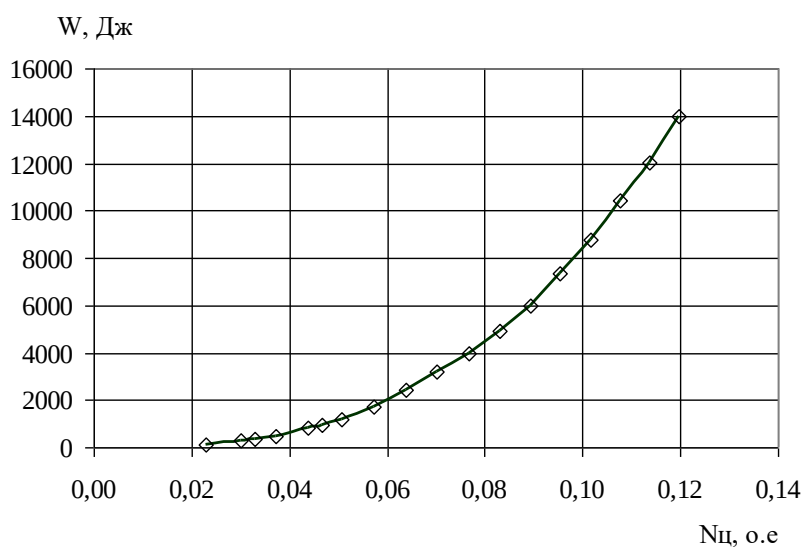


Рис. 12. Аналитическая зависимость энергии магнитного поля от коэффициента размагничивания $W = f(N_u)$, рассчитан по формулам 4,6 – 13, построенная для системы легирования «Fe – W – V – Cr», при изменении наружного диаметра ствола $D = \text{var}$ и неизменной длине пушки

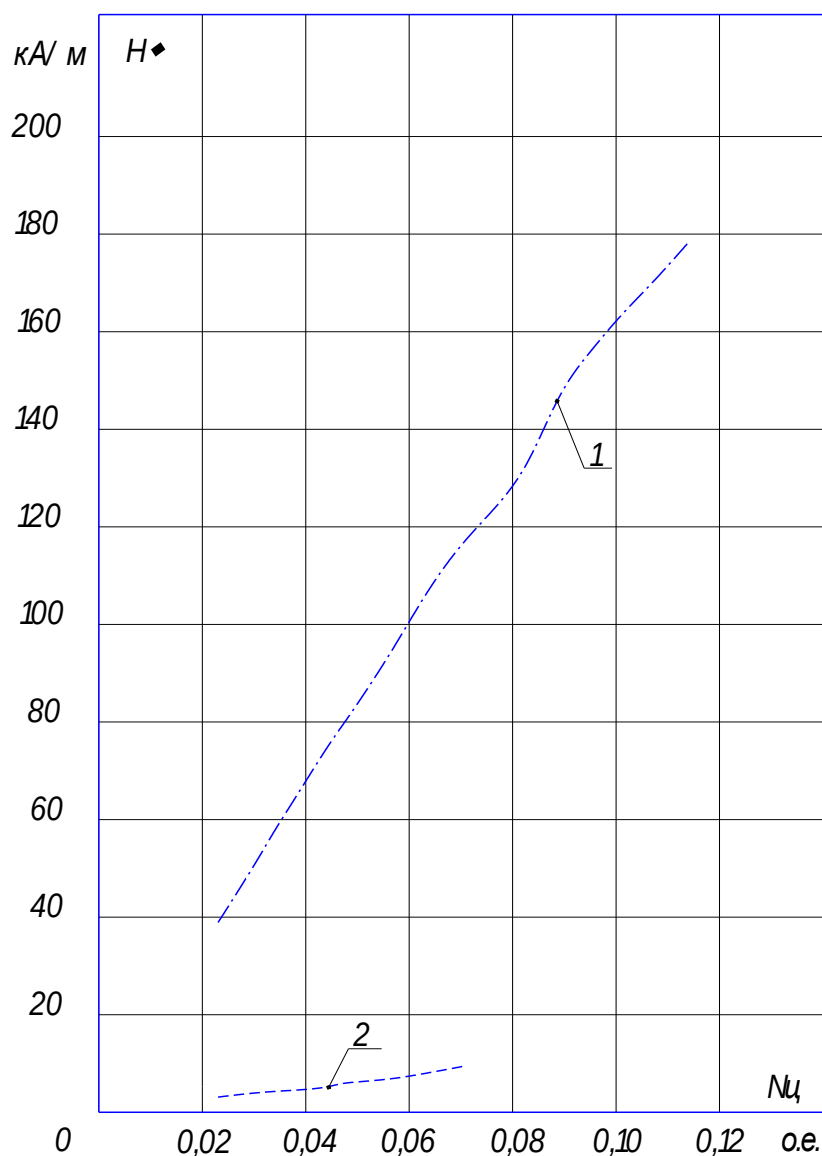


Рис.13. Графики зависимости размагничивающего поля пушки 2А46М от коэффициента размагничивания $H_{\sigma} = f(N_{ц})$, построенные при постоянной длине ствола $l = \text{const}$ и изменении его наружного диаметра $D = \text{var}$, для следующих сталей:

1 – с системой легирования «Fe – W – V – Cr»; 2 – 7ПСК; 8С; 51С; 49С и 11С

Анализ рис. 13 позволяет сделать заключение о том, что исследуемые характеристики $H_{\sigma} = f(N_{ц})$ при постоянной длине ствола пушки $l = \text{const}$ и изменении ее наружного диаметра в указанных пределах представляет собой возрастающие степенные зависимости с дробно-рациональным значением показателя.

На рис. 14 представлен график зависимости размагничивающего поля пушки 2А46М от коэффициента размагничивания $H_{\sigma} = f(N_{ц})$, построенного для указанных марок бронированной стали, при постоянном наружном диаметре ствола $D = \text{const}$ и изменении его длины $l = \text{var}$.

Анализ рис. 14 позволяет сделать заключение о том, что исследуемые характеристики $H_{\sigma} = f(N_{ц})$ при постоянном наружном диаметре ствола $D = \text{const}$ и изменении его длины $l = \text{var}$ в указанных пределах представляет собой возрастающие степенные зависимости с дробно-рациональным значением показателя.

Таким образом, численными экспериментами установлено, что разработанная математическая модель пушки 2А46М позволяет с достаточной точностью, 0,5-2%, определить центральный коэффициент размагничивания образца, что установлено путем сопоставления результатов расчета с данными, полученными в литературных источниках.

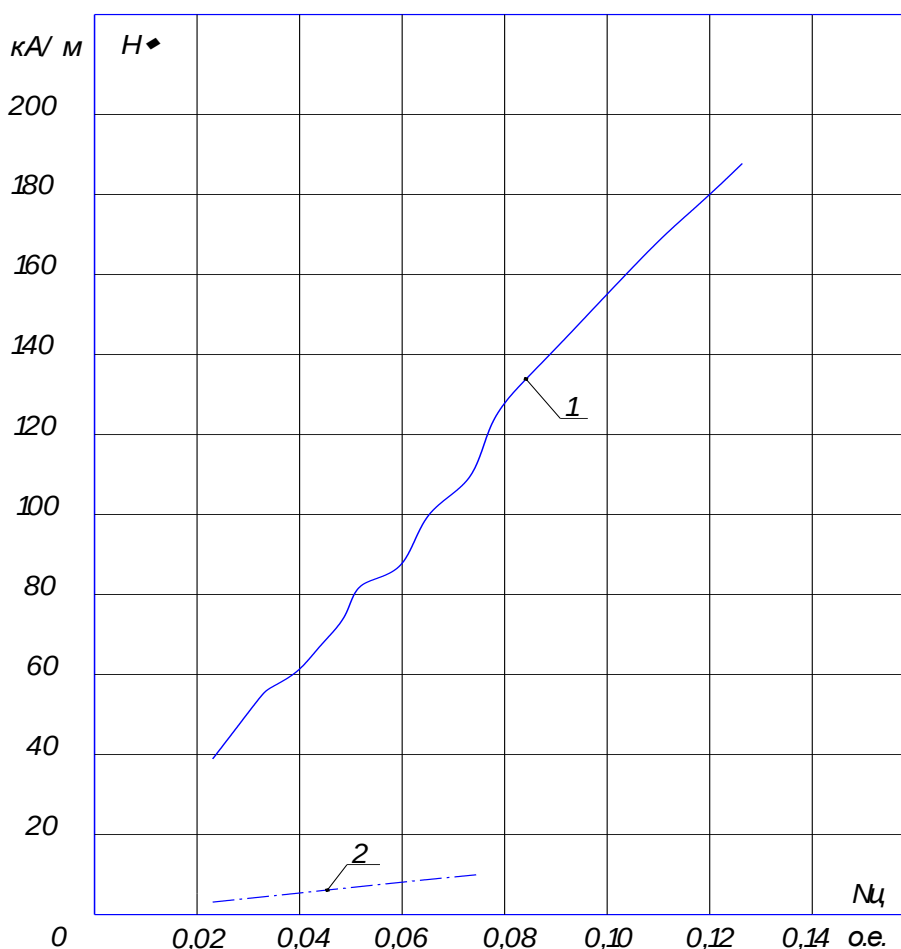


Рис. 14. Графики зависимости намагничивающего поля пушки 2А46М от коэффициента намагничивания $H_{\sigma} = f(N_{\psi})$, построенные при постоянном наружном диаметре ствола $D = \text{const}$ и изменении его длины в указанных пределах $l = \text{var}$ для следующих сталей: 1 – с системой легирования «Fe – W – V – Cr»; 2 – 7ПСК; 8С; 51С; 49С и 11С

В области насыщения материала образца вместе с уменьшением магнитной проницаемости материала происходит уменьшение намагничивающего фактора образца.

Выводы. 1. В результате проделанной работы решена актуальная научно-техническая задача по совершенствованию методов, предназначенных для измерения магнитных характеристик цилиндрических ферромагнитных образцов пушки 2А46М, во всем необходимом диапазоне изменения напряженности намагничивающего поля, которые повышают точность измерений.

2. Полученные зависимости: намагниченности насыщения образцов пушечных сталей от содержания в них углерода $M_m = f(C)$, легирующих элементов – хрома $M_m = f(Cr)$, ванадия $M_m = f(V)$ и вольфрама $M_m = f(W)$; намагниченности насыщения от коэффициента намагничивания $M_s = f(N_{\psi})$; напряженности намагничивающего поля от коэффициента намагничивания $H_{\sigma} = f(N_{\psi})$; коэрцитивной силы от коэффициента намагничивания, $H_c = f(N_{\psi})$ и

магнитоупругой кристаллической энергии от коэффициента намагничивания $W = f(N_{\psi})$, являются важными диагностическими параметрами, позволяющими контролировать исправность гладкоствольной пушки 2А46М.

3. Решение задачи повышения точности измерения возможно при использовании в процессе эксперимента компьютера и высокопроизводительных алгоритмов расчета магнитного статического поля в нелинейной среде пушечных сталей.

4. Впервые предложены математическая модель и метод расчета напряженности намагничивающего поля и коэрцитивной силы цилиндрического образца гладкоствольной пушки 2А46М, в основу которого положено использование расчета магнитного поля в исследуемом образце пушки для гомогенной структуры материала.

5. Впервые разработана методика фазового анализа пушечных сталей на основе использования данных анализа магнитного поля на имитационных моделях материалов с гомогенной структурой для безэталонного варианта.

6. Впервые разработана математическая модель для расчета магнитного поля в цилиндрическом образце гладкоствольной пушки с нелинейной характеристикой среды, в основу которой положен принцип приближения цилиндрической модели к действительной физической структуре сплава с двумя фазами, основанный на пространственном чередовании магнитных и немагнитных элементарных областей, позволяющий определить соотношения магнитной и немагнитной фаз, не доводя эти стальные образцы до полного насыщения, что упрощает аппаратуру экспериментальной установки.

7. Предложенная математическая модель магнитного поля в объеме исследуемого образца пушки предназначена реализовывать разработанные процедуры определения магнитных характеристик материала образцов и определять соотношение магнитной и немагнитной фаз пушечной стали.

8. Для устранения в гладкоствольных пушках танков и самоходных артиллерийских орудий различных деформаций, вмятин, трещин рекомендуется применять упрочнение поверхностного слоя пушки холодным пластическим деформированием путем накатки роликами с контролем приложенного усилия, так как это напрямую оказывает влияние на калибр орудий и их эксплуатационную надежность.

Л и т е р а т у р а

1. Roberts, S.S. – «J. Metals», 1953, v. 5, № 2, p. 203 – 204.
2. Кармазин, В.И. Магнитные методы обогащения/ В.И. Кармазин, В.В. Кармазин. – М: Недра, 1984. – 490 с.
3. Апаев, Б.А. Фазовый магнитный анализ сплавов/ Б.А. Апаев. – М.: Металлургия, 1973. – 280 с.
4. Okoshi Jakanori. Demagnetizing Factors of Rods and Jubes Computed from Analas Measurments. I of applicol physics. 36, 1965.– №8. P. 2382 – 2387.
5. Ильин, В.П. Численные методы решения краевых задач электрофизики/В.П. Ильин. – М.: Наука, 1985. – 336 с.
6. Гринберг, Г.А. Избранные вопросы математической теории электрических и магнитных явлений/ Г.А. Гринберг. – М.: Физматиз, 1962. – 727с.
7. Тозони, О.В. Расчет трехмерных электромагнитных полей/ О.В. Тозони, И.Д. Маергойз. – К.: Техніка, 1974. – 352 с.
8. Курбатов, П.А. Численный расчет электромагнитных полей/ П.А. Курбатов, А.С. Аринчин. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 168 с.
9. Бреббия, К. Методы граничных элементов/ К. Бреббия. – М.: Мир, 1987. – 524 с.
10. Толмачев, С.Т. Специальные методы решения задач магнитостатики/ С.Т. Толмачев. – К.: Вища школа, 1983. – 166 с.
11. Форсайт, Дж. Машинные методы математических вычислений / Дж.Форсайт, М. Малькольм, К. Моулдер. – М.: Мир, 1980. – 279 с.
12. Садиков, Б.А. Физико-химические и механические свойства сталей и сплавов/ Б.А. Садиков. – М.: Оборонгиз, 1940. – с. 101 – 117.
13. Белоус, М.В. Превращения при отпуске стали/ М.В. Белоус, В.Т. Черепин, М.А. Васильев. – М.: Металлургия, 1973. – 232 с.
14. Gumlich, E. Wissenschaftliche Abhandlungen physikaische-technischen Reichsanstalt. – 1918. – Bd 4, S. 267 – 273.
15. Гудремон, Э. Специальные стали/ Э. Гудремон. – М.: Металлургия, 1959.– т.1.– 952 с.

16. Юрко С.В. 125-мм танковая пушка 2А46М: пособие для курсантов учреждений высшего образования специальности 1-37 01 04-02 «Многоцелевые гусеничные и колесные машины (эксплуатация и ремонт бронетанкового вооружения и техники)»/ С.В. Юрко [и др.]. – Минск: БНТУ, 2016. – 166 с.

Parsentev O.S.

DETERMINATION OF MAGNETIC PARAMETERS OF THE MATEMATICAL MODEL OF THE 2A46M SMOOTH-BORE GUN BATTLE TANK T-72BZ OF THE RUSSIAN FEDERATION

The work is dedicated to the study of the magnetic characteristics of the smoothbore 125-mm gun 2A46M of the T-72 B3 battle tank of the Russian Federation.

The influence of negative factors affecting the operation of the 2A46M gun is analyzed. It is recommended to use parameters such as saturation magnetization, coercive force, and magnetoelastic crystal energy as diagnostic parameters for monitoring the state of gun steel.

The saturation magnetization of samples of gun steel 7PSK, 8S, 51S, 49S, 11S and steel with the alloying system "Fe - W - V - Cr" is determined by the experimental formulas of Ya.G. Dorfman, F.M. Galperin, B.A. Sadikov, etc.

The intensity of the demagnetizing field of the above steels is determined by the method of integral equations using a number of assumptions.

The coercive force and the magnitude of the magnetoelastic crystalline energy for the indicated steel grades are determined analytically.

The corresponding analytical dependences of the saturation magnetization, the strength of the demagnetizing field, the coercive force, and the magnetoelastic crystal energy on the demagnetization coefficient are plotted.

The demagnetization coefficient was determined by the experimental Okoshi formula.

To eliminate various deformations, dents, cracks in tank guns, it is recommended to apply hardening of the surface layer of the gun by cold plastic deformation, by knurling with rollers.

Key words: Smooth-bore gun, gun steel, alloying system, saturation magnetization, elementary volume, demagnetizing field strength, coercive force, magnitude of magnetoelastic and crystalline energy, demagnetization coefficient.

Парсентьев Олег Сергеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электроэнергетика» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.
E-mail: parsentevo@mail.ru

Parsentev Oleg Sergeevich, docent, candidate of technical science of the Department of «Electrical Power Engineering», SEE HT LPR «Luhansk Vladimir Dahl State University».

Рецензент: Витренко Владимир Алексеевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технология машиностроения и инженерный консалтинг», проректор по научной работе и инновационной деятельности ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

Статья подана 06.12.2022

УДК 371.3

РАЗВИТИЕ ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ И САМОСТОЯТЕЛЬНОСТИ МЛАДШИХ ШКОЛЬНИКОВ В ХОДЕ РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМНО- ДЕЯТЕЛЬНОСТНОГО ПОДХОДА

Полтавская Н.А., Ищенко Е.А.

DEVELOPMENT OF COGNITIVE ACTIVITY AND INDEPENDENCE OF YOUNGER SCHOOLCHILDREN DURING THE IMPLEMENTATION OF THE SYSTEM- ACTIVITY APPROACH

Poltavskaya N.A., Ishchenko E.A.

В статье рассматриваются сущность и особенности формирования познавательной активности младших школьников. Рассмотрены ее признаки, структура, факторы, уровни, компоненты, критерии, условия эффективного развития. Описаны факторы, влияющие на формирование познавательной активности школьников.

Ключевые слова: познавательная самостоятельность, младшие школьники, процесс, формирование, развитие, трудовое воспитание.

Живая, пытливая, творческая мысль формируется у воспитанника тогда, когда по отношению к знаниям он занимает свою личную жизненную позицию
В. А. Сухомлинский

Введение. Повышение самостоятельности младших школьников формировалось на всех этапах развития человеческого общества. В последние годы особое внимание уделялось проблеме познавательной активности и самостоятельности в образовательном процессе обучающихся, что определило новое направление научных исследований, внесло значительный вклад в теорию и практику процесса обучения.

Цель работы. Формирование познавательной активности обучающихся как устойчивой черты личности является одной из целей обучения, а также необходимым условием овладения новыми знаниями в современных образовательных условиях, для которых характерно постоянное увеличение объема знаний, умений, навыков, разнообразие и доступность источников информации.

Методы исследования: анализ педагогической, методической и психологической литературы; изучение и обобщение зарубежного, российского и республиканского передового образовательного опыта; наблюдение; речь; обобщение и систематизация; самоанализ; моделирование и др.

В научной литературе можно найти несколько определений познавательной самостоятельности, которые были описаны А.И. Болотовой, В.Б. Бондаревским, М.В. Веденькиным:

- готовность и желание прогрессировать в приобретении знаний самостоятельно; способность человека приобретать знания и способы получения этих знаний для себя [1];
- способность человека организовать собственную познавательную деятельность [2];
- способность человека самостоятельно применять ранее приобретенные знания и умения в новую ситуацию [3].

Во всех этих определениях можно выделить общее: познавательная самостоятельность определяется как характеристика деятельности, основанной на познавательном процессе обучающегося без непосредственного участия учителя; познавательная самостоятельность выступает как черта личности, характеризующаяся двумя компонентами: мотивационным (т.е. стремлением, потребностью в информации) и процессуальным (наличие базовых знаний и владение способами познавательной деятельности) [2].

Основными характеристиками познавательной самостоятельности являются способность обучающегося ориентироваться в новой учебной ситуации, самостоятельность воли, инициативность, творческий подход к решению задач и минимальная помощь учителя в процессе обучения или ее отсутствие.

Факторы, влияющие на формирование познавательной самостоятельности школьников, можно разделить на пять групп:

- 1) мотивационные – стремление лучше подготовиться к знаниям, предмету, проявление любознательности, желание познавать новое и т. д.;
- 2) образовательные – идеи, факты, законы, теории, научные методы и т.п.;

3) процессуальные – методы, приемы и приемы работы со студентами преподавателя;

4) социальные – специалисты, работающие в определенной области, родители, СМИ и т. д.;

5) психологические – возрастные особенности школьников, склонности, способности, интересы, сила воли и др. [3].

Познавательная самостоятельность имеет сложную структуру, включающую три системы компонентов: мотивационную (широкие познавательные мотивы, учебно-познавательные мотивы и самообразовательные мотивы), содержательно-операциональную (основные знания и методы обучения) и дискреционную (умение выбирать виды деятельности и внутренние мотивы, мотивации, цели). Структуры познавательной самостоятельности взаимосвязаны и находятся в иерархических отношениях.

Наиболее сензитивным возрастным периодом для начала процесса формирования познавательной самостоятельности является младший школьный возраст. Познавательная деятельность младшего школьника включает в себя овладение новой информацией, активное, самостоятельное и творческое мышление, расширение кругозора, развитие наблюдательности, совершенствование памяти и внимания, наблюдательных навыков и умений, обобщение, выводы и др.

На основе различных подходов к определению познавательной самостоятельности, выявленных в ходе анализа научной и учебной литературы, мы рассматриваем познавательную самостоятельность и познавательную активность детей младшего школьного возраста как свойство личности, проявляющееся потребностью и способностью у обучающихся приобретать знания из различных источников информации, овладевать способами познавательной деятельности, творчески разрабатывать и применять их в учебно-познавательной деятельности в результате добровольных усилий, эффективно развивать их в процессе обучения при ведущей роли учителя как организатора самостоятельной исследовательской деятельности обучающихся, основанной на активном творческом подходе к задаче, которые установят учителя.

Поэтому познавательную самостоятельность младших школьников следует рассматривать как черту личности, закрепляющуюся в результате целенаправленного педагогического процесса и закрепляющуюся на следующем возрастном этапе (подростковом).

Процесс обучения познавательной самостоятельности у младших школьников зависит от активации их познавательных потребностей. Познавательную потребность младшего обучающегося можно определить как личностную переменную, отражающую степень удовлетворенности учебно-познавательной деятельностью. Познавательная потребность

«подталкивает» обучающихся к развитию, достижениям и совершенствованию. В дальнейшем у младших школьников активизация познавательных потребностей будет показателем личностной зрелости, источником личного и социального долголетия [4].

Ожидание нового, интерес к нему характерны для мотивации младших школьников. Познавательный интерес как переживание познавательной потребности служит основой для внутренней мотивации к учебно-познавательной деятельности, когда познавательная потребность младших школьников удовлетворяется содержанием обучения, удовлетворяющим эту потребность [5].

Познавательная самостоятельность младших школьников протекает в несколько этапов, характеризующихся уровнями познавательной самостоятельности и определяемых следующими критериями:

- дисциплинарное содержание (степень усвоения учебной информации (целостность, обобщение, актуальность), навыки и умения);
- активность (степень сформированности умений трансформировать полученные знания и применять их в новой учебной ситуации);
- мотивационные (степень сформированности познавательной мотивации, направленность и устойчивость познавательного интереса, отношение к познавательной деятельности) [6].

По этим критериям можно выделить три уровня познавательной самостоятельности:

- инструктивно-исполнительский уровень – появление элементов познавательной самостоятельности (выполнение действий по образцу, инструкции) за счет закрепления механизмов простейших переносов (по аналогии) образов основных форм интеллектуальной активной деятельности;
- отражательно-преобразующий уровень самостоятельности – приобретение основ познавательной самостоятельности (освоение приемов, основных навыков – способов познавательной деятельности и умения воспроизводить и группировать их для использования), достаточная сформированность интеллектуально-познавательных умений и использования их в знакомой стандартной ситуации;
- уровень творческой познавательной самостоятельности означает прочное владение основными и второстепенными способами познавательной деятельности, что позволит самостоятельно ставить проблему и выбирать пути ее решения, подходить к ее решению с разных точек зрения, т. е. применять творческий подход к решению познавательной задачи.

Нами разработана работа, основанная на сочетании разного уровня знаний и степени овладения обучающимися способами познавательной деятельности, выделено пять

уровней подготовки познавательной самостоятельности.

На низком уровне у младших школьников не осознаются познавательные потребности, социальные и познавательные мотивы. При выполнении определенных задач выполняют действия дублирования по определенному образцу, воспроизведение производится относительно известного образца; в процессе выполнения заданий результаты воспроизводимы, элементы творчества отсутствуют; самоконтроль и сила воли не проявляются.

Уровень ниже среднего характерен для младших школьников, которые начинают осознавать, что информация необходима для решения познавательных задач. Они нуждаются в явно выраженной помощи учителя или одноклассников. Самостоятельные действия выполняются неоднозначно, неправильно; осуществляется на уровне воспроизведения с помощью сведений, заметок, опорных схем; типичные стереотипные способы решения познавательных задач; элементы творчества редко включаются в процесс выполнения заданий. Самообладание и сила воли встречаются крайне редко; они беспокойны, ранимы, плохо реагируют на слова взрослых, иногда очень эмоциональны [6].

Средний уровень характерен преимущественно для младших школьников, демонстрирующих устойчивую мотивацию, у которых действия осознаны. В знакомой стандартной ситуации знания применяются свободно. Цель исследования, учебная задача ставятся учителем, но учащиеся могут планировать свои решения. После решения познавательной задачи частично осуществляется самоконтроль или взаимоконтроль. В процессе работы часто проявляют настойчивость, терпение и желание преодолевать возникающие трудности. Элементы творчества включены в процесс выполнения работы.

На уровне выше среднего младшие школьники имеют четко сформулированную познавательную потребность и сложную мотивацию. Успешно определен алгоритм самостоятельных действий. Учащиеся проявляют оригинальность мышления во время работы, приносят элементы творчества, используют различные средства для получения информации, готовы к самоконтролю и взаимоконтролю. Они редко просят помощи у учителя или сверстника. Младшие школьники чаще проявляют последовательные произвольные действия.

Высокий уровень характеризуется наличием стойкой мотивации, вариативностью действий, готовностью к сотрудничеству с другими, высокой ответственностью за результаты индивидуального и коллективного труда, наличием самостоятельного алгоритма действий, правильности исправления ошибок и недочетов, творческого подхода к

процессу ведения дела, свободного преодоления трудностей.

Важными педагогическими условиями эффективного развития познавательной активности и самостоятельности младших школьников являются: учет возрастных и индивидуальных особенностей ребенка, изменение принципа овладения знаниями, создание учебно-методических материалов как развивающейся информационной системы: введение в систему учебно-творческих задач в учебный процесс, используя общие приемы организации обучения, создание положительной мотивации и высокого эмоционального настроя. Эффективное развитие познавательной самостоятельности происходит в форме совместной деятельности: в процессе обучения активно используются массово-распределительные и дискуссионные формы обучения [7].

Выводы. Познавательная самостоятельность младших школьников не является врожденной чертой личности, а формируется и развивается в процессе обучения, представляя собой постепенный переход к познавательной деятельности на основе творческого, деятельностного подхода, которая выполняется самостоятельно под руководством учителя.

Развитие познавательной самостоятельности является контролируемым и направленным процессом. У учащегося могут быть определенные отличительные элементы самостоятельности в познании (устойчивость, способность быстро схватывать и сразу же применять новые знания, находить способы применения этих знаний и т. д.) в зависимости от его личностно-психологических данных на начальном этапе обучения. А развитие познавательной самостоятельности является результатом непосредственного вмешательства учителя в процесс обучения под его руководством. Систематическое воздействие на все структурные компоненты познавательной самостоятельности учащегося способствует ее развитию и совершенствованию.

Л и т е р а т у р а

1. Болотова, А.И. Развитие познавательной самостоятельности младших школьников в средствах математики / А.И. Болотова. – М.: Изд-во Академия, 2009. – 17-19 с.
2. Бондаревский, В. Б. Воспитание интереса к знаниям и потребности к самообразованию / В.Б. Бондаревский. – М.: Изд-во Современное слово, 2005. – 263 с.
3. Веденькина, М.В. Формирование познавательной самостоятельности у младших школьников с учетом их полоролевых особенностей: Автореф. дисс. канд. пед. наук / М.В. Веденькина. – Волгоград, 2007. – 27 с.
4. Гаврилычева, Г.Ф. Развитие самостоятельности у детей / Г.Ф. Гаврилычева. – М.: Изд-во Просвещение, 2005. – С.20-22.
5. Григорьева, Л.Г. Особенности формирования и развития познавательной самостоятельности младших

школьников / Л.Г. Григорьева. Челябинск: Изд-во Белая лампа, 2011. – С.15-17.

6. Гришкова, Г.Н. Развитие познавательной самостоятельности школьника в игровой деятельности. Начальная школа / Г.Н. Гришкова. Волгоград: Изд-во Панорама, – 2004. – С.41-45.

7. Данилов, М. А. Воспитание у школьников самостоятельности и творческой активности в процессе обучения / М. А. Данилов. – М.: Изд-во Просвещение, 2008. – 82 с.

Poltavskaya N.A., Ishchenko E.A.

DEVELOPMENT OF COGNITIVE ACTIVITY AND INDEPENDENCE OF YOUNGER SCHOOLCHILDREN DURING THE IMPLEMENTATION OF THE SYSTEM-ACTIVITY APPROACH

The article discusses the essence and features of the formation of cognitive activity of younger schoolchildren. Its features, structure, factors, levels, components, criteria, conditions for effective development are considered. The factors influencing the formation of cognitive activity of schoolchildren are described.

Key words: cognitive independence, junior schoolchildren, process, formation, development, labor education.

Полтавская Наталья Анатольевна, доцент кафедры индустриально-педагогической подготовки, ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

E-mail: delfin399@mail.ru

Poltavskaya Natalya Anatolyevna, associate Professor of the Department of Industrial and Pedagogical Training, SEE HT LPR «Luhansk Vladimir Dahl State University».

Ищенко Елена Анатольевна, старший учитель, учитель начальных классов высшей категории Государственное Учреждение Луганской Народной Республики «Луганское общеобразовательное учреждение – средняя общеобразовательная школа № 6»

E-mail: alenushka971@yandex.ru

Ishchenko Elena Anatolievna, senior teacher, primary school teacher of the highest category of the State Institution of the Lugansk People's Republic «Lugansk educational institution – secondary school No. 6»

Рецензент: Прихода Игорь Викторович, профессор кафедры индустриально-педагогической подготовки ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет им В.Даля».

Статья подана 15.11.2022

УДК 331.55: 331.104.2

РОЛЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ МОБИЛЬНОСТИ В ПРОФЕССИОНАЛИЗМЕ И КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ СОВРЕМЕННОГО СПЕЦИАЛИСТА

Просьянникова Т.Ф.

ROLE OF PROFESSIONAL MOBILITY IN THE PROFESSIONALISM AND COMPETITIVENESS OF A MODERN SPECIALIST

Prosaynnnikova T.F.

В статье проанализирована роль профессиональной мобильности в профессионализме и конкурентоспособности современного специалиста. Установлено, что профессиональная мобильность – это системное качество личности современного специалиста, включающее в себя целый ряд знаний, умений, навыков, способностей, личных качеств, ценностных ориентаций и т.д. Выяснено, что профессиональная мобильность приобретает особое значение в условиях конкуренции на рынке труда. Это стимулирует современных специалистов к самообразованию, саморазвитию, самосовершенствованию, повышению профессионализма и конкурентоспособности.

Ключевые слова: профессиональная мобильность, профессионализм и конкурентоспособность современного специалиста.

Стремительное и всестороннее развитие рыночных отношений, активный переход к рынку труда требует таких методов и средств, методик и технологий профессиональной подготовки выпускников высших учебных заведений, которые позволили бы им достичь высокого уровня профессионализма и конкурентоспособности уже в начале своей профессиональной деятельности. В то же время необходимость уравнивания запросов общества и государства, обострения конкуренции на рынке труда актуализирует потребность в формировании профессиональной мобильности современных специалистов, обладающих развитыми личностными качествами и специальными профессиональными знаниями, умениями и навыками. Теория и практика рыночной экономики убедительно свидетельствуют о том, что профессиональная мобильность, профессионализм, конкурентоспособность и компетентность современного специалиста – это те основополагающие качества, от которых всецело зависят его личностные и профессиональные успехи [8].

Термин «мобильность» означает гибкость, подвижность, готовность к быстрому выполнению задачи. В научное обращение термин был введен социологами для определения явлений,

характеризующих перемещение социальных групп и отдельных людей в социальной структуре общества (социальная мобильность). Комплексное исследование этого явления с точки зрения философии, социологии, экономики и демографии позволило дифференцировать представление о мобильности, выяснив, что она может быть вертикальной и горизонтальной, индивидуальной и групповой, внутригенерационной и межгенерационной, социальной и культурной, профессиональной и межпрофессиональной, должностной и междолжностной и т.д. Дифференциация научных представлений о мобильности связана со значительным усилением динамичности социальных процессов на современном этапе развития общества, что неизбежно приводит к повышению мобильности людей по разным «векторам их социального функционирования» [4].

Профессиональная мобильность – это системное качество личности современного специалиста, включающее в себя целый ряд знаний, умений, навыков, способностей, личных качеств, ценностных ориентаций и т.д. Главным фактором здесь выступает внутренняя свобода личности, ее умение отвергнуть сложившиеся стереотипы и взглянуть на личностную и профессиональную ситуацию по-новому, оригинально и своеобразно, нестандартно и нешаблонно, иногда выходя за рамки привычной обыденности и устоявшихся стереотипов. Это под силу только творческому человеку, обладающему креативными способностями [2].

В процессе перемещения индивидов между группами профессиональной структуры общества социальные субъекты полностью или частично изменяют свой профессиональный статус, поэтому важной характеристикой становится способность современного специалиста быстро приспосабливаться к условиям и требованиям, структуре и содержанию профессиональной деятельности, к новым и непривычным обстоятельствам, умениям и навыкам отслеживать и

правильно оценивать состояние окружающего пространства, самостоятельно ориентироваться в профессиональном мире. Все это невозможно без наличия осознанного и устойчивого стремления к постоянному обучению и развитию. Способность к непрерывному совершенствованию профессиональной подготовки позволяет таким специалистам самосовершенствоваться на протяжении всей жизни и состоит из таких компонентов, как стремление к самопознанию, самоопределению, самообразованию и саморазвитию, что является свидетельством существующей индивидуальной мотивированности и целеустремленности к определенному виду деятельности [4].

В целом профессиональная мобильность может рассматриваться как механизм, обуславливающий степень адаптации и конкурентоспособности современного специалиста на рынке труда. Кроме того, она становится существенным фактором профессиональной успешности, потому что обеспечивает как внутренний механизм развития самого человека, так и эффективное качественное и количественное преобразование окружающей личностной и профессиональной среды [4].

Профессиональный успех является важной составляющей жизненного успеха человека и отражается в степени творческого своеобразия конечного результата профессиональной деятельности, в достижении поставленных целей, в превышении своих предыдущих результатов, поэтому ориентация личности на достижение успеха является важным условием развития личности и общества [5].

Достижение профессионального успеха сопровождается получением вознаграждений, хорошей работы и соответствующих жизненных условий, построением карьеры, повышением социального статуса и самооценки, положительными эмоциями, появлением интересного круга общения и т.д. Настоящий же жизненный успех всегда предполагает наличие внутренней удовлетворенности и гармоничности своей жизни, позитивное мировосприятие, отсутствие чувства нереализованности, ненужности, веру в себя и свои возможности. Удачного и успешного человека характеризуют активность жизненной стратегии, мотивация на заслуги, ориентация на креативность, стремление к саморазвитию и самосовершенствованию, внутренняя свобода и независимость [5].

Изучением актуальных проблем профессиональной мобильности различных специалистов занимаются зарубежные и отечественные ученые.

Ф. Ванискотт (F. Vaniscotte), рассматривая систему европейского образования, создал концепцию мобильности педагога-европейца. Основа ее – идеал будущего европейского общества, гарантирующий свободу и естественную

мобильность каждого человека в пределах открытой интеграции [9].

Л.П. Пуховская, анализируя профессиональную подготовку учителей в Западной Европе, указывает на личную, профессиональную и социальную мобильность, как основу жизненного успеха западноевропейских педагогов [6].

С.М. Романова, изучая систему американского технического образования, отмечает подготовку всесторонне развитых инженеров, умеющих самоутверждаться и раскрываться, принимать решения и нести за них ответственность в сложных условиях. Поэтому отбор содержания учебного материала в высших учебных заведениях США осуществляется на основе принципов фундаментализации, поликультурности, прогностичности [7].

Н.М. Бидюк, исследуя особенности подготовки инженеров в высших учебных заведениях Великобритании, утверждает, что главной задачей образования страны является широкопрофильная подготовка с возможностью переключаться с одной специализации на другую. Необходимым условием для этого становится профессиональная мобильность и социальная адаптация в современных реалиях мирового информационного пространства [1].

Для глубины научного обоснования, теоретической разработки и практической реализации процесса формирования профессиональной мобильности существенным является рассмотрение классификации мобильности.

По мнению Р.М. Примы, наиболее распространенным при определении вида профессиональной мобильности выделяется критерий, связанный с изменением в структуре, содержании и условиях профессиональной деятельности. Ученый отмечает, что классификация позволяет упорядочить разнообразные перемещения с единых позиций, представить их, как отдельные проявления общего процесса профессиональной мобильности, определить, какой вид мобильности обеспечивает выполнение тех или иных социальных функций. Однако выделенный критерий не единственный. Дополнительными критериями могут выступать следующие критерии: временный признак, субъект и направление профессиональной мобильности. Так, профессиональная мобильность может быть дифференцирована на интрагенерационную (охватывает все виды мобильности на протяжении жизни поколения) и интергенерационную (межпоколенную), рассматриваемую как в ретроспективном, так и в перспективном планах (сравнение фактического профессионального статуса детей и родителей, оценка профессиональных перспектив детей и текущих возможностей родителей и т.п.). По субъекту различают профессиональную мобильность индивидуальную (личную) и

групповую (коллективную); по направлению – внутреннюю (в пределах образовательно-профессиональной деятельности) и внешнюю (между образованием и другими сферами деятельности) [4].

Мы разделяем подобную точку зрения, однако полагаем, что вышеуказанные критерии (временный аспект, субъект и направление профессиональной мобильности) являются общими по дифференциации профессиональной мобильности, однако они не обеспечивают всестороннего, комплексного, целостного и системного определения и анализа этого феномена. Следовательно, возникает необходимость выделения специфических критериев профессиональной мобильности, в частности таких как: изменение профессиональных ролей, предметно-тематические сдвиги и т.д. Да, «ролевая мобильность» как аспект профессиональной мобильности современного специалиста связана с изменением структуры и содержания его деятельности, основных функций. Например, переход от педагогической (учебно-методической) к научно-исследовательской, организационно-управленческой, административно-хозяйственной деятельности (или наоборот).

Это связано с тем, что специфика педагогической деятельности требует частого изменения видов работы только для определенного, относительно узкого круга специальностей; она включает в себя периодическое возвращение к одним и тем же видам работы. Этот вид мобильности условно назван учеными «маятниковый» и, в сущности, является повышением квалификации [2].

Другой характер носит профессиональная мобильность, которая изменяет основную структуру и содержание профессиональной деятельности и, по сути, является профессиональной переквалификацией. В последнем случае профессиональная мобильность должна выступать и как этап полной профессиональной переквалификации. Следует заметить, что «маятниковая» мобильность (повышение квалификации) и профессиональная переквалификация как относительно самостоятельные виды профессиональной мобильности взаимосвязаны, прежде всего, как направления единого и целостного, непрерывного и преемственного процесса специализации. В редких случаях они могут переходить друг в друга. Так, на практике в структуре и содержании профессиональной деятельности педагога «неосновная» специальность (специализация) может стать основной, а профессиональная переквалификация предопределяет радикальные сдвиги в спектре его специальности (специализации) и профессиональной деятельности [2].

Различают также «вертикальную» профессиональную мобильность как движение вверх-вниз в квалификационно-профессиональной структуре и «горизонтальную» – социальное перемещение без качественного изменения профессии и квалификации [2].

На основании сказанного можно утверждать, что разновидности профессиональной мобильности подтверждают мысль о сложной структуре и содержании изучаемого феномена, а попытки классификации профессиональной мобильности объясняются стремлением ученых к глубинному анализу и максимальной полноте раскрытия его сущностно-смысловой и структурно-содержательной составляющей, как интегративного качества личности, объединяющей сформированную способность и готовность к ней, ключевые квалификации и компетенции.

Р.М. Прима полагает, что основой формирования профессиональной мобильности современных специалистов должны быть именно «ключевые квалификации», имеющие широкий радиус действия (выходящие за пределы одной группы профессий), которые готовят будущего специалиста к изменению и усвоению новой специальности (специализации) и профессии, обеспечивают готовность к инновациям в профессиональной деятельности [4].

По мнению Н.Ю. Брыжак, профессиональная мобильность – это особое качество личности, формируемое в процессе обучения и воспитания, имеющее важнейшее влияние на профессионализм будущего специалиста [2].

Т.Г. Прохоренко относит к содержанию понятия «профессиональная мобильность» выбор образования (квалификации), специальности (специализации) и профессии (должности), повышение квалификации и профессиональную переквалификацию, определение условного изменения места и вида работы, специальности (специализации) и профессии (должности), текучесть кадров и т.д. Под профессиональной мобильностью предусматривается готовность квалифицированного специалиста к смене выполняемых профессиональных задач, способность быстро осваивать новые места и виды работ, новые специальности (специализации) [5].

Мы согласны с подобной позицией, однако придерживаемся собственной классификации современных специалистов по их отношению к профессиональной мобильности:

1) фактически мобильные – изменившие место и вид работы, образование (квалификацию), специальность (специализацию), профессию (должность), место жительства непосредственно в период исследования;

2) потенциально мобильные – не изменившие рабочее место, но имеющие соответствующие намерения и планы;

3) фактически стабильные – долго работающие на одном месте и не настроенные на мобильность;

4) потенциально стабильные – сравнительно недавно пришедшие на место работы и пока не планирующие его менять.

Следует отметить, что среди профессионалов встречаются все четыре группы современных специалистов. В процессе подготовки будущих специалистов следует учитывать, что на внутреннем рынке труда профессиональная мобильность все чаще заявляет о себе, как о важном факторе повышения эффективности использования индивидуального и коллективного трудового потенциала, способного удовлетворить потребности личности, общества и государства.

Стоит заметить, что профессиональная мобильность приобретает особое значение в условиях конкуренции на рынке труда. Это стимулирует современных специалистов к самообразованию, саморазвитию, самосовершенствованию, повышению профессионализма и конкурентоспособности. Профессиональная мобильность является одной из форм признания профессионального статуса современного специалиста, приведения физического, интеллектуального, социального и духовного потенциала в соответствие с условиями динамического комплексного и системного общественно-политического, социально-экономического, социально-культурного и научно-технического развития.

Таким образом, профессиональная мобильность, конкурентоспособность, профессионализм и компетентность современного специалиста – это качества, от которых зависят личностные, профессиональные и социальные успехи человека. Профессиональная мобильность трактована как системное качество личности современного специалиста, которое включает в себя целый ряд знаний, умений, навыков, способностей, личных качеств, ценностных ориентаций и т.д.

Представлено видение профессиональной мобильности современных специалистов различными учеными. В частности, французскими учеными создана концепция мобильности педагога-европейца. Основа ее – идеал будущего европейского общества, гарантирующего свободу и естественную мобильность каждого человека в пределах открытой интеграции. Американскими учеными выделена профессиональная подготовка всесторонне развитых современных специалистов, умеющих самоутверждаться и раскрываться, принимать решения в сложных условиях. Поэтому обучение в данной стране осуществляется на базе принципов фундаментализации, поликультурности, прогностичности. В Великобритании главной задачей образования страны является широкопрофильная профессиональная подготовка с возможностью «переключаться» с одной специальности (специализации) на другую. Поэтому

профессиональная мобильность и адаптация в условиях мирового информационного пространства выходит на первый план.

Отмечено, что классификация профессиональной мобильности, представленная в статье, позволяет упорядочить разнообразные перемещения с единых позиций, представить их как отдельные проявления общего процесса профессиональной мобильности, определить, какой вид мобильности обеспечивает выполнение тех или иных социальных функций. Установлено, что профессиональная мобильность может быть дифференцирована на интрагенерационную и интергенерационную. По субъекту различают мобильность индивидуальную и групповую; по направлению – внутреннюю и внешнюю.

Указанные в статье критерии являются общими по дифференциации профессиональной мобильности, однако они не обеспечивают комплексного определения этого феномена. Возникает необходимость выделения специфических критериев профессиональной мобильности, в частности таких как: изменение профессиональных ролей, предметно-тематические сдвиги и т.д.

Представлена авторская классификация современных специалистов по их отношению к профессиональной мобильности, которых можно условно разделить на следующие группы: фактически мобильные; потенциально мобильные; фактически стабильные; потенциально стабильные. Следовательно, профессиональная мобильность приобретает особое значение в условиях конкуренции на рынке труда и стимулирует специалистов к повышению профессионализма и конкурентоспособности.

Л и т е р а т у р а

1. Бидюк, Н. М. Профессиональная подготовка инженеров в высших учебных заведениях Великобритании [Текст] : монография / Н. М. Бидюк. – М. : Наука, 2002. – 225 с.
2. Брыжак, Н. Ю. Профессиональная мобильность как профессиональное качество будущего учителя [Текст] / Н. Ю. Брыжак // Научный вестник. – Серия : «Педагогика. Социальная работа». – 2016. – № 1 (38). – С. 67–70.
3. Пивень, Н. В. Междисциплинарные связи делового языка с фундаментальными дисциплинами в подготовке бакалавров технического профиля [Текст] / Н. В. Пивень // Педагогика и психология профессионального образования. – 2002. – № 4. – С. 122–127.
4. Прима, Р. М. Формирование профессиональной мобильности будущего учителя: векторы научных исследований [Текст] / Р. М. Прима // Педагогическое образование: теория и практика. – Серия : «Психология. Педагогика». – 2016. – № 25. – С. 40–45.
5. Прохоренко, Т. Г. Профессиональная мобильность как фактор профессиональной успеваемости [Текст] / Т. Г. Прохоренко // Научный вестник. – Серия : «Педагогика. Социальная работа». – 2017. – № 4 (45). – С. 167–174.

6. Пуховская, Л. П. Профессиональная подготовка учителей в Западной Европе [Текст] : монография / Л. П. Пуховская. – СПб. : Невский диалект, 1998. – 235 с.

7. Романова, С. М. Гуманитаризация профессионального образования в высших технических учебных заведениях США [Текст] : монография. – С. М. Романова. – М. : Наука, 1997. – 255 с.

8. Сушенцева, Л. Л. Влияние профессиональной мобильности на конкурентоспособность специалиста на современном рынке труда [Текст] / Л. Л. Сушенцева, О. А. Сушенцев // Молодой ученый. – Серия : «Педагогические науки». – № 4 (31) апрель, 2016. – С. 568–572.

9. Vaniscotte F. 70 millions d'élèves. L'Europe de l'éducation [Text] / F. Vaniscotte. – Paris, 1989. – 200 p.

Prosyannikova T.F.

ROLE OF PROFESSIONAL MOBILITY IN THE PROFESSIONALISM AND COMPETITIVENESS OF A MODERN SPECIALIST

The article analyzes the role of professional mobility in the professionalism and competitiveness of a modern specialist. It has been established that professional mobility is a systemic quality of the personality of a modern specialist, which includes a whole range of knowledge, abilities, skills, abilities, personal qualities, value orientations, etc. It was

found that professional mobility is of particular importance in the context of competition in the labor market. This stimulates modern specialists to self-education, self-development, self-improvement, professionalism and competitiveness.

Key words: *professional mobility, professionalism and competitiveness of a modern specialist.*

Просьянникова Татьяна Федоровна, кандидат психологических наук, доцент, доцент кафедры индустриально-педагогической подготовки ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

E-mail: prosyannikova1971@mail.ru

Prosyannikova Tatyana Fedorovna, Candidate of Psychological Sciences, Associate professor, Associate professor of the Department of Industrial and Pedagogical Training SEE HT LPR «Luhansk Vladimir Dahl State University».

Рецензент: Прихода Игорь Викторович, профессор кафедры индустриально-педагогической подготовки ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 15.11.2022

УДК 621.9.048

КОАГУЛЯЦИЯ МЕЛКОГАБАРИТНЫХ ПЛОСКОСТНЫХ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ВИБРООБРАБОТКЕ И ДИНАМИКА РАЗРУШЕНИЯ ИХ ПАКЕТОВ И СВОДОВ

Рубаненко В.Ю., Мицык В.Я., Шенкман Г.Л.

COAGULATION OF SMALL-SIZED PLANAR PARTS DURING VIBRATION TREATMENT AND DYNAMICS OF DESTRUCTION OF THEIR PACKAGES AND ARCHES

Rubanenko V. Yu., Mitsyk V. Y., Shenkman G. L.

Представлен анализ динамики разрушения пакетов из двух слипшихся деталей. Проведено сравнение средних скоростей хаотического движения детали (броуновской частицы) и скоростей разрушения пакетов. Рассмотрены временные характеристики агрегации деталей в резервуаре. Даны результаты расчётов времени, необходимого для уменьшения концентрации деталей (их коагуляции) для трёх размеров гранул абразива.

Ключевые слова: виброобработка, резервуар, гранула, деталь, амплитуда, частота, разрушение пакетов и сводов.

В Научно-исследовательской лаборатории «Обработка свободными абразивами» Луганского государственного университета имени Владимира Даля разработана технология виброобработки, включающая операции виброшлифования и виброполирования. Новая технология учитывает широкий диапазон варьирования динамических параметров колебаний резервуара, объемное соотношение обрабатываемых деталей и рабочей среды, количественный и качественный состав химически-активного раствора. Такая технология может быть принята как базовая в производстве мелкогабаритных плоскостных деталей. Однако при их виброобработке штампованные из листа плоскостные и аналогичные им по форме детали слипаются в трудно разрушаемые пакеты и своды, что приводит к ухудшению качества обработки, поскольку контактирующие между собой поверхности деталей не обрабатываются, что вызывает исправимый и неисправимый брак.

Для устранения такой негативной ситуации в производстве упомянутых деталей использовался поиск технологий, проектирование которых производилось с помощью математического моделирования процесса виброобработки [1-3]. Проектируемые технологии ориентировались на исследования динамического воздействия отдельных факторов процесса виброобработки.

Для определения суммарного воздействия этих факторов на пакеты и своды слипшихся деталей необходимо решить следующее уравнение:

$$\frac{d^2\varphi(t)}{dt^2} = \frac{Ma_1}{J_1} + \frac{Ma_2}{J_2} + \left(\frac{Mb_1}{J_1} + \frac{Mb_2}{J_2} \right) \cdot \sin(\omega \cdot t) - \left(\frac{Mc_1}{J_1} + \frac{Mc_2}{J_2} \right) \cdot \frac{\delta l^4}{(\delta l + h \cdot \sin \varphi(t))^4}, \quad (1)$$

где, слагаемые $\delta l + h \cdot \sin \varphi(t)$ определяют увеличение расстояния между плоскостями детали при их повороте на угол φ . Буквами J_1 и J_2 обозначены моменты инерции относительно точки «с» правой и левой детали (рис. 1).

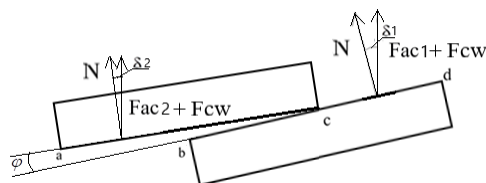


Рис. 1. Разрушение пакета слипшихся деталей под действием момента акустических сил $-Fac$ (дефлектор) и воздействия момента сил, вызванных колебаниями стенок резервуара Fcw

Аналитическое решение уравнения (1) невозможно, поэтому для определения динамики деталей использовался стандартный алгоритм программы Mathcad 15 функции Odesolve.

Используя уравнение (1), можно проанализировать динамику разрушения пакета обрабатываемых деталей. Приравняв нулю первые два слагаемых в правой части уравнения (1), определим результат воздействия на слипшиеся детали только колебаний стенки резервуара. Графики зависимости от времени угла φ в этом случае показаны на рис. 2.

На рис. 2. приведены четыре вида графиков для различных сочетаний амплитуд и частот колебаний стенок резервуара. Графики для φ 1 соответствуют относительной длине пересечения деталей 0,1; φ 2 – 0,3; φ 3 – 0,5; φ 4 – 0,6; φ 5 – 0,7. На рис. 2, а представлены графики для $A = 3$ мм и частоте 30 Гц, на рис. 2, б – для $A = 3$ мм и частоте 70 Гц, на рис. 2, в – для $A = 5$ мм и частоте 30 Гц, на рис. 2, г – для $A = 5$ мм и частоте 70 Гц.

Из рис. 2, а видно, что при значении $h/Rw = 0,7$ и 0,6 разрушение пакетов деталей под действием колебаний стенки резервуара не происходит. Для $h/Rw = 0,5$ наблюдается разворот деталей в пакете. Затем угловая скорость разрушения растёт ($h/Rw = 0,3$), а затем вновь падает ($h/Rw = 0,1$). Такое немонокотное поведение угловой скорости связано с увеличением момента инерции деталей относительно точки с по мере уменьшения отношения. Однако угловая скорость разрушения пакета мала $\varphi' \leq 0,1 \frac{rad}{sec}$.

По мере увеличения амплитуды и частоты колебаний стенок резервуара угловая скорость разрушения растёт (рис. 2, б, в, г) и достигает величины $\varphi' \approx 0,5 \frac{rad}{sec}$. Следует добавить, что на графиках рис. 2 видны колебательные составляющие, отражающие колебания стенки резервуара.

Применение дефлектора значительно усиливает процесс разрушения пакета. На рис. 3 представлены графики зависимости от времени угла φ при использовании дефлектора.

Графики на рис. 3, а соответствуют следующим значениям относительной длины пересечения деталей $\varepsilon = h/Rw$ в пакете: $\varepsilon_1 = 0,1$; $\varepsilon_2 = 0,3$; $\varepsilon_3 = 0,5$; $\varepsilon_4 = 0,6276$; $\varepsilon_5 = 0,6277$ при амплитуде колебаний $A = 2$ мм, частоте 30 Гц. Графики на рис. 3 б соответствуют значениям относительной длины пересечения деталей h/Rw в пакете $\varepsilon_1 = 0,1$; $\varepsilon_2 = 0,4$; $\varepsilon_3 = 0,65$; $\varepsilon_4 = 0,836$; $\varepsilon_5 = 0,837$. Графики на рис. 3 «в» соответствуют значениям относительной длины пересечения деталей h/Rw в пакете $\varepsilon_1 = 0,1$; $\varepsilon_2 = 0,3$; $\varepsilon_3 = 0,5$; $\varepsilon_4 = 0,7499$; $\varepsilon_5 = 0,74999$. Графики на рис. 3, г соответствуют значениям относительной длины пересечения деталей h/Rw в пакете $\varepsilon_1 = 0,1$; $\varepsilon_2 = 0,4$; $\varepsilon_3 = 0,75$; $\varepsilon_4 = 0,898$; $\varepsilon_5 = 0,899$. Графики на рис. 3, д соответствуют значениям относительной длины пересечения деталей h/Rw в пакете $\varepsilon_1 = 0,1$; $\varepsilon_2 = 0,4$; $\varepsilon_3 = 0,65$; $\varepsilon_4 = 0,8484$; $\varepsilon_5 = 0,8485$.

Графики на рис. 3, е соответствуют значениям относительной длины пересечения деталей h/Rw в пакете $\varepsilon_1 = 0,1$; $\varepsilon_2 = 0,4$; $\varepsilon_3 = 0,85$; $\varepsilon_4 = 0,944$; $\varepsilon_5 = 0,951$.

Графики показывают, что воздействие дефлектора существенно увеличивает угловую скорость разворота деталей при разрушении пакета

и расширяет диапазон пересечения (h) слипшихся деталей, при которых пакет деталей разрушается. Отсутствие колебательной составляющей на этих графиках показывает незначительность влияния колебаний стенки резервуара на процесс разрушения пакета по сравнению с действием дефлектора. На всех графиках рис. 3 график φ_5 представляет собой прямую $\varphi = 0$. То есть при соответствующем или большем значении перекрытия деталей разрушение пакета не происходит.

Графики на рис. 2, рис. 3 соответствуют приведенному расстоянию между плоскостями деталей $\delta l = 10^{-7}$ м.

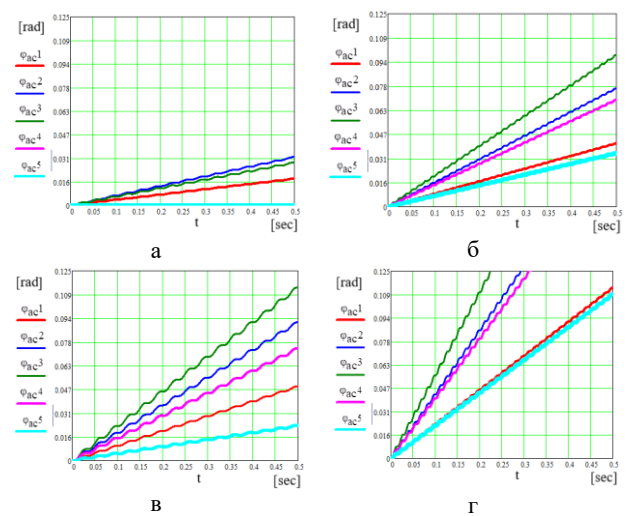


Рис. 2. Изменение угла φ от времени для пятизначной относительной длины пересечения деталей h/Rw в пакете

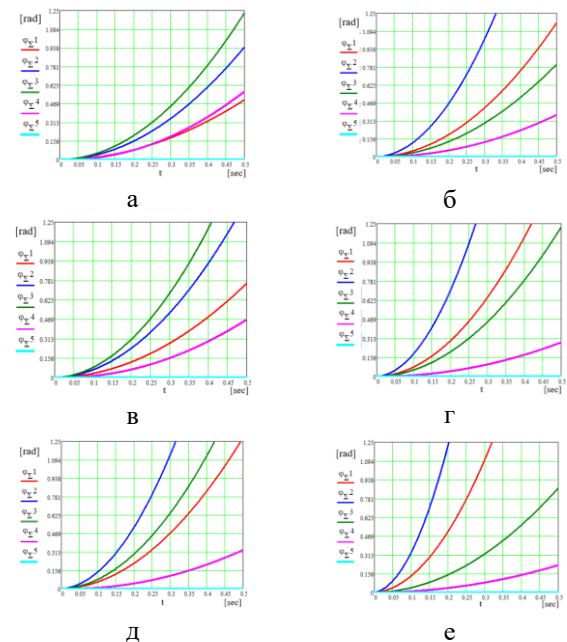


Рис. 3. Изменение угла φ от времени при совместном воздействии дефлектора и колеблющейся стенки резервуара для различных значений длины пересечения деталей

Согласно кинетической теории [4] средняя кинетическая энергия поступательного движения броуновской частицы равна средней кинетической энергии молекулы газа.

В нашем случае средняя кинетическая энергия гранулы абразива во время виброобработки равна средней кинетической энергии хаотического движения деталей. Исходя из этого, можно определить среднюю скорость хаотического движения детали $\langle V_w \rangle$ через соотношение масс гранулы и детали $\frac{M_{gr}}{M_w}$ и среднюю скорость движения гранулы в псевдогазе из абразивных гранул $\langle V_{gr} \rangle$:

$$\langle V_w \rangle = \sqrt{\frac{M_{gr}}{M_w}} \cdot \langle V_{gr} \rangle. \quad (2)$$

Расчёты показывают, что при условии $R_{gr} = 0.1 \cdot R_w$ для детали из стали $\langle V_w \rangle = 0.0756 \cdot \langle V_{gr} \rangle$, то есть при $A = 3$ мм и частоте колебаний 30 Гц $\langle V_w \rangle = 0.0427$ м/сек, при $A = 5$ мм и 70 Гц $\langle V_w \rangle = 0.166$ м/сек. Из рис. 2, а, рис. 2, г следует, что при тех же характеристиках колебаний стенки резервуара скорости вращения деталей при возможном разрушении пакета составляют около 0,001 и 0,01 м/сек соответственно. Это означает, что скорость хаотического перемещения детали в результате её броуновского движения намного превосходит расчётную скорость разрушения пакета деталей при воздействии только одной колеблющейся стенки. Следовательно, воздействия только одной колеблющейся стенки недостаточно для предотвращения образования пакетов. С другой стороны, совместное воздействие дефлектора и колеблющейся стенки резервуара оказывает существенно большее воздействие на слипшиеся детали.

В рамках модели псевдогаза из абразивных гранул обрабатываемые детали можно рассматривать в виде частиц, подверженных броуновскому движению в результате хаотического движения гранул абразива при виброобработке. В результате такого движения происходит коагуляция частиц (деталей) в псевдогазе из гранул абразива. В газе броуновская коагуляция играет существенную роль в начальный момент образования высокодисперсного аэрозоля.

Применяя теорию броуновской коагуляции, определим характерное время образования пакетов из обрабатываемых деталей. Скорость тепловой коагуляции можно определить с использованием уравнения:

$$\frac{1}{n_w} - \frac{1}{n_{w0}} = KK_{co} \cdot t, \quad (3)$$

где, $KK_{co} = \frac{4 \cdot k \cdot T}{3 \cdot \mu_0}$, μ_0 – динамическая вязкость

газа $\mu_0 = \frac{1}{3} \cdot \langle u \rangle \cdot l \cdot \rho$; $\langle u \rangle = \sqrt{\frac{3 \cdot k \cdot T}{m}}$ –

среднеквадратичная скорость атома или молекулы газа (гранулы абразива); $l = (\sqrt{2} \cdot n \cdot \pi \cdot d^2)^{-1}$ – длина свободного пробега в газе; d – диаметр молекул (гранул); n – концентрация молекул (гранул); n_{w0} – начальная концентрация броуновских частиц (деталей); n_w – текущая концентрация соединившихся частиц; t – время.

Формула (3) определяет только время хаотического соединения частиц, без времени необходимого на параллельную ориентацию деталей. Поэтому представленное этой формулой время коагуляции можно считать оценкой «снизу».

На рис. 4 представлены результаты расчётов по формуле (3) времени, необходимого для уменьшения концентрации деталей (их коагуляции) для трёх размеров гранул абразива.

Первоначальная концентрация деталей – 400 $[m^{-3}]$. График $t1$ соответствует диаметру гранулы 7 мм, $t2$ – 5 мм, $t3$ – 3 мм. Частота и амплитуда колебаний резервуара составляют 50 Гц и 3 мм соответственно.

Из рис. 4 видно следующее:

1. По мере уменьшения диаметра гранул время коагуляции растёт. Это вызвано меньшим воздействием мелкодисперсных гранул на деталь;
2. Время уменьшения концентрации деталей в результате их коагуляции в два раза для диаметра гранулы 7 мм составляет 100 секунд, а для диаметра 5 мм 500 секунд.
3. Вероятность образования пакетов из двух деталей намного выше образования пакетов из трёх или более деталей.

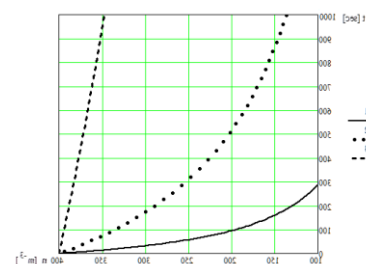


Рис. 4. Результаты расчётов времени, необходимого для уменьшения концентрации деталей (их коагуляции) для трёх размеров гранул абразива

Если считать, что уменьшение концентрации деталей в два раза есть результат их слипания в пары, то время образования парных пакетов для диаметра гранул 7 мм составляет 100 секунд. Такое время удовлетворительно совпадает с результатами наблюдений. Время, при котором концентрация одиночных и слипшихся деталей уменьшается в три

раза по сравнению с первоначальной, составляет около 200 секунд. Учитывая это, а также определённое ниже время распада двойных пакетов, можно ограничиться рассмотрением только динамики развала пары слипшихся деталей при моделировании воздействия дефлектора на разрушение слипшихся деталей и, следовательно, на качественные характеристики виброобработки.

Л и т е р а т у р а

1. Рубаненко В.Ю. К вопросу математического моделирования процесса виброобработки мелкогабаритных плоскостных деталей / В.Ю. Рубаненко, В.Я. Мицык // Вестник луганского государственного университета имени Владимира Даля – Луганск, 2021. - № 9 (51). – С. 207-210.
2. Бронштейн И. Н. Справочник по математике для инженеров и учащихся вузов, / И.Н. Бронштейн, К. А. Семендяев. – Москва : Наука, 1986. - 544 с.
3. Тихонов А. Н., Самарский А. А. Уравнения математической физики : учебное пособие / А.Н. Тихонов, А.А. Самарский. - 6-е изд., испр. и доп. — Москва: Изд-во МГУ, 1999. - 798 с.
4. Кикоин А.К., Кикоин И.К. Общий курс физики. Молекулярная физика. Издание второе, переработанное - М.: 1976. - 480 с.

**Rubanenko V. Yu, Mitsyk V. Ya., Shenkman G. L.
COAGULATION OF SMALL-SIZED PLANAR PARTS
DURING VIBRATION TREATMENT AND DYNAMICS
OF DESTRUCTION OF THEIR PACKAGES AND
ARCHES**

The analysis of the dynamics of the destruction of packages of two stuck parts is presented. The average velocities of the chaotic motion of a part (Brownian particle) and the rates of packet destruction are compared. The temporal characteristics of the aggregation of parts in the tank are considered. The results of calculations of the time required to reduce the concentration of parts (their coagulation) for three sizes of abrasive granules are given.

Key words: vibration treatment, reservoir, granule, detail, amplitude, frequency, destruction of packages and arches"

Рубаненко Виктория Юрьевна, ассистент кафедры охраны труда и БЖД ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».
E-mail: viktorija408@gmail.com

Rubanenko Victoria Yurievna, assistant of the department «Labor protection and life safety» of SEE HT LPR «Lugansk Vladimir Dahl State University»

Мицык Владимир Яковлевич, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии машиностроения и инженерного консалтинга ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».
E-mail: tm.univer@yandex.ru

Mitsyk Vladimir Yakovlevich, candidate of technical Sciences, associate professor of the department «Mechanical engineering and engineering consulting» of SEE HT LPR «Lugansk Vladimir Dahl State University»

Шенкман Геннадий Львович, старший преподаватель кафедры промышленного и городского транспорта» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».
E-mail: tm.univer@yandex.ru

Shenkman Gennady Lvovich, senior lecturer of the department «Industrial and urban transport» of SEE HT LPR «Luhansk Vladimir Dahl State University».

Рецензент: Витренко Владимир Алексеевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технология машиностроения и инженерный консалтинг», проректор по научной работе и инновационной деятельности ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

Статья подана 14.12.2022

УДК 338:06.05(470)

**ФИНАНСОВЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ КОММЕРЧЕСКОГО СЕКТОРА РФ****Рябичев В.Д., Денисенко И.А., Пономарёв А.А.****FINANCIAL INSTRUMENTS FOR INCREASING THE EFFICIENCY OF THE
ACTIVITY OF ENTERPRISES IN THE COMMERCIAL SECTOR OF THE RUSSIAN
FEDERATION****Ryabichev V.D., Denisenko I.A., Ponomarev A.A.**

В статье изложены основные результаты исследования, связанные с изучением динамики деятельности предприятий Российской Федерации. Рассмотрены основные показатели эффективности. В статье рассмотрены инструменты, с помощью которых можно выявить причины негативных отклонений деятельности. Предложены основные мероприятия по повышению эффективности деятельности предприятий коммерческого сектора Российской Федерации.

Ключевые слова: эффективность, предприятие, финансовые инструменты, рентабельность, предпринимательство.

Введение. Глубокая реформа хозяйственного механизма – один из реальных путей выхода нашей страны из сложного состояния, восстановления не только экономической, но и социальной сферы. В этой связи целесообразно подчеркнуть, что для экономики, вставшей на путь устойчивого развития рыночных отношений и изменяющей, соответственно, административные методы хозяйствования на рыночные, важным вопросом является повышение эффективности организации управления, а также оптимизация производства с учётом трансформационных процессов, происходящих в макроэкономической среде.

В условиях становления и развития рыночных отношений в РФ определенную значимость приобретают проблемы, связанные с функционированием основных участников рынка и субъектов хозяйственной деятельности. В ходе становления и развития рыночных форм хозяйствования актуальна проблема повышения эффективности функционирования хозяйствующих субъектов.

В течение всего периода существования РФ как постсоветского государства непрерывно ведутся дискуссии по поводу путей экономической перестройки в стране и мер усовершенствования механизмов функционирования социально-экономической среды. Выдвигается много

предложений учеными разных профессиональных направлений, представителями определенных научных школ, идеологами, политиками. Подчеркиваем, ведущее место среди вопросов занимает проблема эффективного предпринимательства как комплекса особых функций, направленных на обеспечение развития и усовершенствования хозяйственного механизма, постоянное обновление экономики хозяйствующих субъектов, создание инновационного поля деятельности.

Именно это направление социально-экономического развития становится предметом исследования не только ученых, но и тех, кого интересует возможность практического внедрения идей, связанных с разными аспектами предпринимательства, технологического в первую очередь.

Предпринимательство – прежде всего организация экономической деятельности, а затем уже извлечение прибыли. Его становление и развитие является одной из основных проблем экономической политики в условиях развития от административно-командной к свободно-рыночной экономике.

Предпринимательство – самый сложный комплексный феномен, с проявлениями которого можно встретиться в любой сфере человеческих отношений, исчерпать все разнообразие которого невозможно. Осознание значимости предпринимательства на современном этапе социально-экономической трансформации хозяйственного механизма является наиболее оптимальным путем, который выведет страну из сложного состояния и будет способствовать улучшению ситуации во всех сферах общественно-экономической жизни.

Акцентируя внимание на определенной значимости предпринимательства, следует отметить, что в нем, как, пожалуй, ни в одном социально-экономическом явлении,

сфокусировались разные направления развития рыночных отношений в государстве, исследование и внедрение которых охватывает широкий спектр проблем. Решение становится первоочередной задачей на пути перестройки социально-хозяйственных механизмов функционирования экономики РФ.

Вопросы анализа эффективности деятельности предприятий изучались в работах следующих ученых: В.И. Богачёва, И.А. Денисенко [1,2], В.И. Зубкова [3], М.А. Кубарь [4], А.А. Лазарчук [5], В.Ю. Припотень и других ученых-экономистов.

Требуется переосмысления, на научных началах, аспект деятельности предприятий в масштабах отрасли, региона и государства, процесс определения управленческих регуляторов по заданному направлению. Таким образом, всестороннее изучение деятельности предприятий, понимание принципов работы, механизмов функционирования явилось актуальной предпосылкой для проведения данного исследования.

Целью исследования является разработка мероприятий по повышению эффективности деятельности предприятий коммерческого сектора Российской Федерации.

Основными задачами исследования являются:

- определение взаимосвязи факторов первого и второго уровней;
- определение взаимосвязанных факторов, влияющих на изменение ROE;
- факторный анализ оборачиваемости активов;
- факторный анализ рентабельности продаж;
- факторный анализ финансового рычага;
- факторный анализ бремени процентов активов.

Изложение основного материала. Экономисты используют различные виды анализа результатов деятельности предприятия, важнейший из которых — факторный анализ. Его главная ценность в том, что он позволяет понять, за счет каких факторов изменилась динамика фактических результатов работы компании за анализируемый период.

Любое предприятие может столкнуться с ситуацией, когда на протяжении отчетного периода величина ключевых показателей снижается. Руководство и менеджмент предприятий должны реагировать на такое негативное развитие событий и принимать все возможные меры, чтобы улучшить показатели. С целью выработки эффективных управленческих решений необходимо понимать, какие именно причины и в какой степени повлияли на значение показателей.

Одним из ключевых показателей деятельности предприятий является рентабельность собственного капитала.

Величина рентабельности собственного капитала равняется произведению рентабельности продаж и оборачиваемости активов минус бремя налогов, умноженное на финансовый рычаг и на разницу между единицей и ставкой налога.

$$ROE = \left[\left(\frac{EBIT}{Sales} \right) \times \left(\frac{Sales}{Assets} \right) - \left(\frac{Interest}{Assets} \right) \right] \times \left(\frac{Assets}{Equity} \right) \times (1 - Tax Rate)$$

Но если мы говорим именно о факторном анализе рентабельности собственного капитала по ее изменениям в каком-либо периоде, то эти показатели являются факторами первого уровня, и на них в свою очередь влияют факторы второго уровня (рис. 1):

- на оборачиваемость активов влияют факторы активов и выручка;
- на цену реализации единицы продукции — факторы выручки и прибыли до вычета процентов и налогов;
- на финансовый рычаг — активы и собственный капитал;
- на бремя процентов активов — проценты и активы.

Проводим факторный анализ рентабельности собственного капитала методом цепных подстановок (табл. 1).

Учитывая, что все факторы являются количественными, их располагают по мере убывания значений на конец периода.

Таблица 1

Таблица взаимосвязанных факторов, влияющих на изменение ROE

Наименование результатив- ного показателя	Значение результатив-ного показателя	Взаимосвязанные факторы				
		Оборачивае- мость	Рентабель- ность продаж по EBIT	Бремя процентов активов	Ставка налога на прибыль	Финансо- вый рычаг
ROE1	0,079	0,57	0,10	0,012	0,2	2,09
ROE2	0,094	0,66	0,10	0,012	0,2	2,09
ROE3	0,176	0,66	0,18	0,012	0,2	2,09
ROE4	0,174	0,66	0,18	0,013	0,2	2,09
ROE5	0,174	0,66	0,18	0,013	0,2	2,09
ROE6	0,169	0,66	0,18	0,013	0,2	2,04

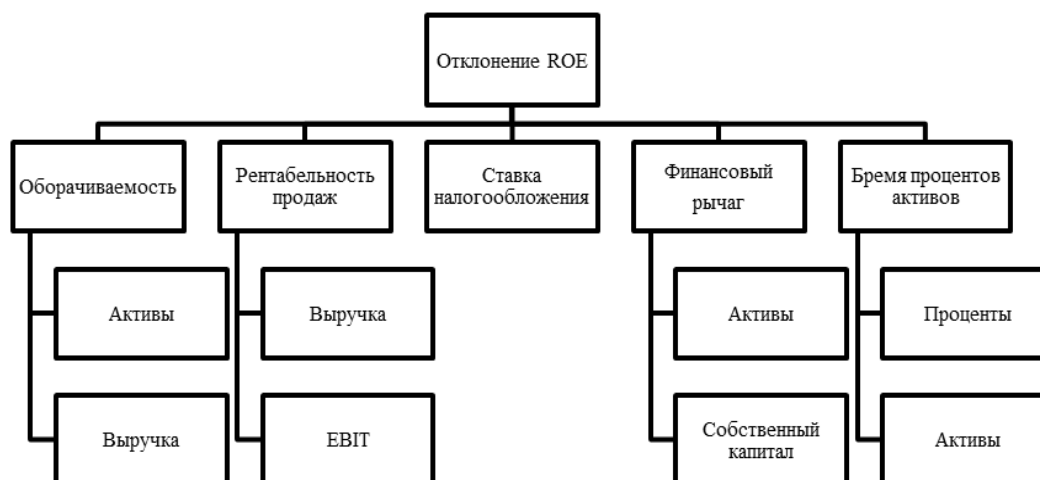


Рис. 1. Взаимосвязь факторов первого и второго уровней

ΔROE (общ) = 0,09;
 ΔROE (оборачиваемость) = 0,071;
 ΔROE (рентабельность продаж) = 0,026;
 ΔROE (бремя процентов) = -0,03;
 ΔROE (ставка налога) = 0,00;
 ΔROE (финансовый рычаг) = -0,04;

Формируем сводную таблицу оценки влияния факторов на изменение рентабельности собственного капитала (табл. 2).

Таблица 2

Сводная таблица влияния факторов на изменение ROE

Наименование фактора	Изменение фактора	ROE
Оборачиваемость	0,088	0,015
Рентабельность продаж по ЕВИТ	0,074	0,082
Бремя процентов активов	0,002	-0,003
Ставка налога на прибыль	0,000	0,000
Финансовый рычаг	-0,053	-0,004
Общее изменение коэффициентов		0,090

Проведём факторный анализ оборачиваемости активов (табл. 3).

Таблица 3

Факторный анализ оборачиваемости активов

Наименование результативного показателя	Значение результативного показателя	Взаимосвязанные факторы	
		выручка	активы
Оборачиваемость 1	0,57	163183296581	284368498359
Оборачиваемость 2	0,76	216233712961	284368498359
Оборачиваемость 3	0,66	216233712961	326576935855

Итак, оборачиваемость активов в отчетном периоде выросла на 0,09 пункта. Это связано с ростом выручки на 53050416380 тыс. руб., что привело к росту оборачиваемости на 0,19 пункта. Рост активов на 42208437496 тыс. руб.,

способствовал снижению оборачиваемости на 0,10 пункта (табл. 4).

Проведём факторный анализ рентабельности продаж (табл. 5).

Рентабельность продаж в отчетном периоде выросла на 7%-ых пункта. Это связано с ростом EBIT на 21541378772 тыс. руб., что привело к росту

рентабельности на 10%-ых пункта. Рост выручки на 53050416380 тыс. руб. способствовал снижению рентабельности продаж на 3%-ых пункта (табл. 6).

Таблица 4

Сводная таблица влияния факторов на изменение оборачиваемости активов

Наименование фактора	Изменение фактора	Оборачиваемость
Активы	42208437496	-0,10
Выручка	53050416380	0,19
Общее изменение коэффициентов		0,09

Таблица 5

Факторный анализ рентабельности продаж

Наименование результативного показателя	Значение результативного показателя	Взаимосвязанные факторы	
		Выручка	EBIT
Рентабельность продаж 1	0,10	163183296581	16747794357
Рентабельность продаж 2	0,08	216233712961	16747794357
Рентабельность продаж 3	0,18	216233712961	38289173129

Таблица 6

Сводная таблица влияния факторов на изменение рентабельности продаж

Наименование фактора	Изменение фактора	Рентабельность продаж
EBIT	21541378772	0,10
Выручка	53050416380	-0,03
Общее изменение коэффициентов		0,07

Проведём факторный анализ финансового рычага (табл. 7).

Таблица 7

Факторный анализ финансового рычага

Наименование результативного показателя	Значение результативного показателя	Взаимосвязанные факторы	
		активы	собственный капитал
Финансовый рычаг 1	2,09	284368498359	136127200164
Финансовый рычаг 2	2,40	326576935855	136127200164
Финансовый рычаг 3	2,04	326576935855	160381933198

Финансовый рычаг в отчетном периоде снизился на 0,05 пункта. Это связано с ростом собственного капитала на 24254733034 тыс. руб., что привело к снижению финансового рычага на 0,36 пункта. Рост активов на 42208437496 тыс. руб. способствовал росту финансового рычага на 0,31 пункта (табл. 8).

Таблица 8

Сводная таблица влияния факторов на изменение финансового рычага

Наименование фактора	Изменение фактора	Финансовый рычаг
Активы	42208437496	0,31
Собственный капитал	24254733034	-0,36
Общее изменение коэффициентов		-0,05

Проведём факторный анализ бремени процентов активов (табл. 9).

Таблица 9

Факторный анализ бремени процентов активов

Наименование результативного показателя	Значение результативного показателя	Взаимосвязанные факторы	
		активы	проценты
Бремя процентов активов 1	0,012	284368498359	3328794357
Бремя процентов активов 2	0,010	326576935855	3328794357
Бремя процентов активов 3	0,013	326576935855	4373173129

Бремя процентов активов в отчетном периоде выросло на 0,001 пункта. Это связано с ростом процентов на 1044378772 тыс. руб., что привело к росту бремени процентов активов на 0,0032 пункта. Рост активов на 42208437496 тыс. руб. способствовал снижению бремени процентов активов на 0,0015 пункта (табл. 10).

Таблица 10

Сводная таблица влияния факторов на изменение бремени процентов активов

Наименование фактора	Изменение фактора	Бремя процентов активов
Активы	42208437496	-0,0015
Проценты	1044378772	0,0032
Общее изменение коэффициентов		0,0017

В ходе проведенного исследования мы наблюдаем рост рентабельности собственного капитала российских предприятий коммерческого сектора. Однако необходимо учитывать такой фактор, как инфляция.

На рис. 2 представлена динамика собственного капитала индекса потребительских цен на основные товары и услуги (инфляции) и дефлятора ВВП.

Как видно из рис. 2, уровень дефлятора в 2020 и 2021 годах значительно выше рентабельности собственного капитала.

Как видим, с учётом инфляции рентабельность собственного капитала значительно ниже, а с учётом дефлятора ВВП рентабельность собственного капитала вообще отрицательная. Такая ситуация свидетельствует о том, что предприятия РФ не возместили в 2020-2021 гг. стоимость своего капитала, а наоборот потеряли – получили убыток за счёт инфляции.

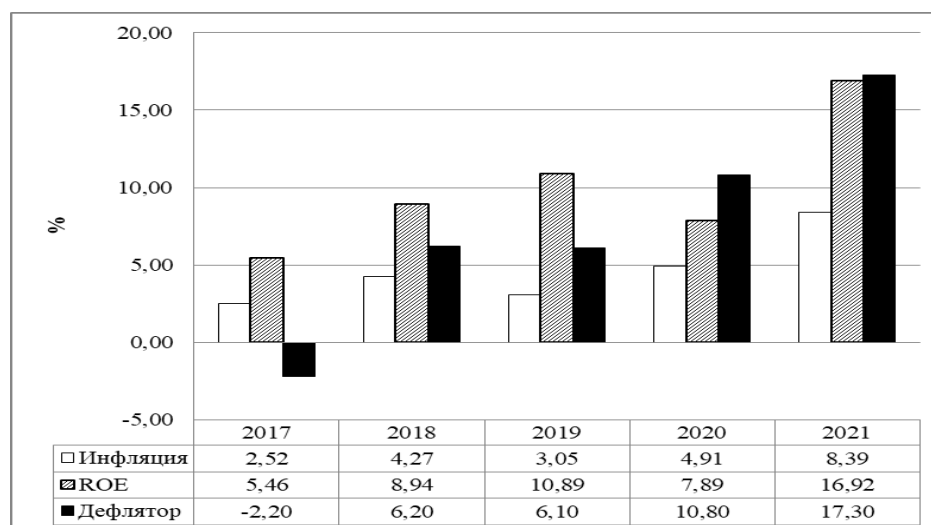


Рис. 2. Динамика рентабельности собственного капитала, инфляции и дефлятора

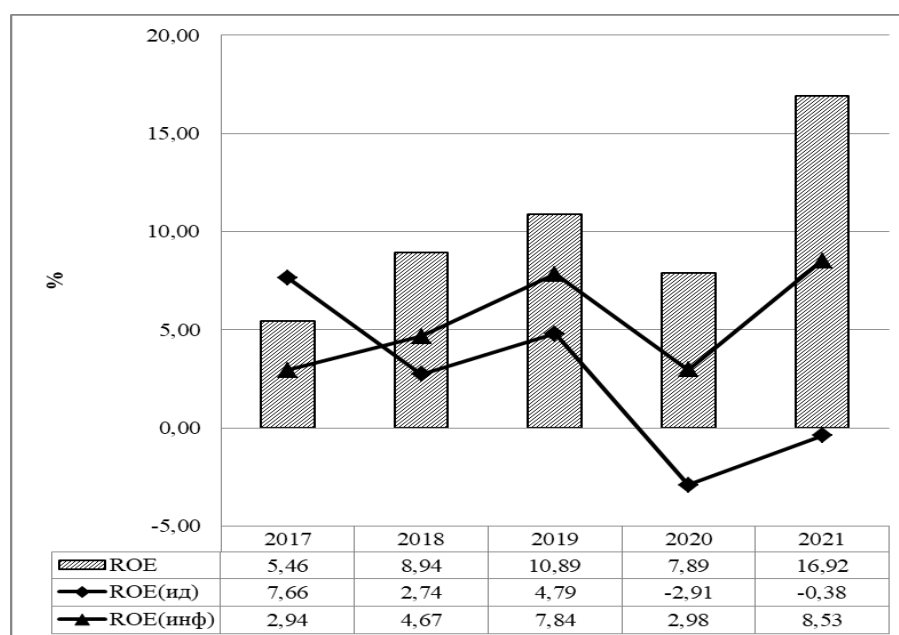


Рис. 3. Динамика рентабельности собственного капитала с учётом инфляции и дефлятора

Выводы. Проведенный анализ позволяет выбрать следующие мероприятия ЦБ и правительства РФ с целью улучшения финансового состояния предприятий коммерческого сектора РФ.

1. Льготное кредитование по расширению рынков сбыта и ввода новых товаров и услуг.

2. Программы снижения дебиторской задолженности или её продажа (факторинг).

3. Льготное кредитование под покупку отечественных товаров, услуг, материалов, основных средств и нематериальных активов.

4. Органам региональной и федеральной власти необходимо разработать мероприятия по улучшению условий в области ведения бизнеса с целью создания благоприятного бизнес климата.

Л и т е р а т у р а

1. Денисенко, И.А. Значение предпринимательства и устойчивого развития в контексте продовольственной безопасности региона / И.А. Денисенко, А.А. Пономарёв // Экономика. Менеджмент. Инновации № 4 (22), 2019. – С. 49-56.

2. Денисенко, И.А. Приоритеты устойчивого развития сельских домохозяйств и предпринимательских структур в системе развития региона / А.А. Пономарёв, И.А. Денисенко // Приоритетные векторы развития промышленности и сельского хозяйства: материалы II Международной научно-практической конференции (11 апреля 2019 г.). – Т. III. – Макеевка: ГОУ ВПО «Донбасская аграрная академия», 2019. – С. 92-97.

3. Зубкова, В. И. Анализ состояния и эффективности использования оборотных активов на предприятиях энергетической отрасли / В. И. Зубкова // Научный вестник: финансы, банки, инвестиции. – 2020. – № 1(50). – С. 166-177.

4. Кубарь, М.А. Анализ эффективности использования активов в сельскохозяйственных организациях / М. А. Кубарь // Актуальные вопросы права, экономики и управления : Сборник статей XXI

Международной научно-практической конференции. Пенза, 20 августа 2019 года. – Пенза: «Наука и Просвещение» (ИП Гуляев Г.Ю.), 2019. – С. 20-22.

5. Лазарчук, А.А. Анализ эффективности использования оборотных активов коммерческой организации / А. А. Лазарчук // International scientific discoveries 2018 : XXXIII международная научно-практическая конференция, Москва, 27 февраля 2018 года. – Москва: Научный центр «Олимп», 2018. – С. 112-114.

Ryabichev V.D., Denisenko I.A., Ponomarev A.A. FINANCIAL INSTRUMENTS FOR INCREASING THE EFFICIENCY OF THE ACTIVITY OF ENTERPRISES IN THE COMMERCIAL SECTOR OF THE RUSSIAN FEDERATION

The article presents the main results of the study related to the study of the dynamics of the activities of enterprises of the Russian Federation. The main performance indicators are considered. The article discusses how, with the help of factor analysis of indicators, it is possible to identify the causes of negative deviations. The main measures to improve the efficiency of the enterprises of the commercial sector of the Russian Federation are proposed.

Key words: efficiency, enterprise, financial instruments, profitability, entrepreneurship.

Рябичев Виктор Дронович, доктор технических наук, профессор, ректор ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

E-mail: dahl.univer@yandex.ru

Ryabichev Viktor Dronovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Rector of the SEE HT LPR «Luhansk Vladimir Dahl State University».

Денисенко Игорь Анатольевич, д-р экон. наук, профессор, профессор кафедры «Техносферная безопасность» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

E-mail: luganskigor@mail.ru

Denisenko Igor Anatolyevich, doctor of Economics, professor, professor of the Department of Technospheric Safety, SEE HT LPR «Luhansk Vladimir Dahl State University».

Пономарёв Андрей Алексеевич, ассистент кафедры «Техносферная безопасность» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

E-mail: dofes@list.ru

Ponomarev Andrey Alekseevich, Assistant of the Department «Technospheric Safety» SEE HT LPR «Luhansk Vladimir Dahl State University».

Рецензент: Бондарчук Алина Викторовна, д-р экон. наук, доцент, профессор кафедры «Прокурорско-следственной деятельности» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

Статья подана 15.11.2022

УДК: 621.742.22

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ ЛИТЕЙНЫХ СВЯЗУЮЩИХ В СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ ЛИТЬЯ, ПРОБЛЕМА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Свинооров Ю.А., Гутько Ю.И.

ANALYSIS OF THE STATE OF PRACTICAL APPLICATION OF FOUNDRY BINDERS IN MODERN TECHNOLOGICAL CASTING PROCESSES, THE PROBLEM OF TECHNOLOGICAL SAFETY

Svinoroev Yu.A., Gutko Yu.I.

Установили, что значимость стержневых технологий такова, что в профессиональной среде их название ассоциируется с технологией производства самой отливки, что объясняется значимостью этого процесса во всей сложной технологической цепочке производства литья.

Удельный вес Cold-Box Atin процесса, в производстве литейных стержней, составляет примерно 85-87% , а в некоторых отраслях доходит до 96% (производство автомобильных двигателей), что объясняется сочетанием технологичности и прочностных характеристик, получаемых стержней. При этом компоненты применяемые в данной технологии являются дорогостоящими (259000 – 370000 руб./т), чрезвычайно токсичными и канцерогенными (1-й и 2-й классы опасности).

Эффективные технические решения в этой области, могут быть найдены на основе комбинированного использования отечественных материалов с разнообразными масляными связующими и смолами, так же отечественного производства, а также за счет целенаправленной обработки улучшающей их характеристики.

Сложность проблемы состоит в том, что крупные литейные предприятия с массовым и крупносерийным производством, оснащены современным импортным оборудованием европейских производителей, которое спроектировано под процессы структурообразования на упомянутых выше фенольных связующих.

Показали, что наиболее эффективными способами повышения связующей способности являются методы предварительной обработки ЛСТ поверхностно активными материалами неионогенного типа и механообработка ЛСТ на дезинтеграторных установках. В обоих случаях получали четко проявляющийся, устойчивый и повторяющийся результат в не зависимости от вида (марки) и производителя лигносульфоната.

Доказали, что обработка ЛСТ НПАВ приводила к увеличению связующей способности композиции в абсолютном выражении с 0,3 – 0,5 МПа до 3,0 МПа и выше, что по показателю удельной прочности соответствует 0,5-0,6 МПа/% связующего в смеси, а это соответствует уровню высокоэффективных связующих

данного типа, например, масляных КО, УСК, СКТ и синтетических смол (в частности КФ-0, КФ-МТ и др.).

Ключевые слова: литейные связующие, процессы литья, технологическая безопасность, отечественная ресурсная база, технические лигносульфонаты, связующая способность.

Введение. В последние годы все чаще ведутся дискуссии о необходимости внедрения технологий обеспечивающих экологическую безопасность, ресурсоэффективность и импортонезависимость технологических процессов [1, 2, 3], особенно остро этот вопрос встал в последнее время в силу сложившихся политико-экономических обстоятельств.

Эти проблемы проявляют себя в машиностроении и металлургии, по – этому, актуальны для реализации подходы, или комплексы технических решений, которые бы позволяли снижать расходы использования ресурсов в максимальной степени [2, 3], а предпочтение отдается техническим решениям, в основе которых лежат отечественная ресурсная база. В этой связи необходимо проанализировать арсенал имеющихся возможностей в этом направлении.

Одной из существенных статей в себестоимости литья, занимают связующие материалы. Этот показатель может колебаться в широких пределах, от 20 до 70%, а в некоторых случаях, когда отливка из цветного тугоплавкого сплава и имеет сложную конфигурацию, а значит изготавливается преимущественно в литейных стержнях, то он может доходить до 80% от общей себестоимости отливки [2, 4]. Поэтому, поиск путей снижения этой составляющей стоимости литья весьма актуален и существенен, а решение, реализующее эту задачу, будет формой ресурсосберегающей технологии. Концептуально оно может быть достигнуто за счет повышения

уровня технологических свойств связующих материалов, в частности их связующей способности.

Второй проблемной составляющей этого вопроса, является природа используемого материала. В настоящее время в технологических процессах производства литья, на крупных предприятиях с массовым типом производства, доминируют смоляные связующие на фенольной основе. Такое состояние приводит к комплексу проблем для отечественных производителей отливок, а именно: высокая стоимость связующих, непосредственно их токсичность и токсичность выбросов от их применения на этапах технологического процесса, но главной угрозой является то что исходным сырьем для производства фенольных смол являются материалы импортируемые из стран европейского союза, а остановка импорта, в сложившихся условиях, может привести к непредсказуемым последствиям для предприятия.

Целью работы является комплексный анализ сложившейся ситуации и поиск альтернативных решений для обеспечения технологической безопасности отечественных литейных производств и различных машиностроительных предприятий с литейным производством.

Основная часть. Под технологической безопасностью понимается – обеспечение устойчивости высоких технологий, или просто рабочих технологий, при осложнениях, возникающих в связи с неблагоприятными тенденциями или конкретными событиями в государстве. Зависимость производства отливок от импорта, в части связующих материалов составляет предмет технологической угрозы для литейного производства, а значит для машиностроения в целом, что является актуальной проблемой на данный момент[5].

Анализ состояния. Изучение практического применения литейных связующих в современных технологических процессах литья показало, что в технологиях производства отливок доминируют смоляные связующие. Для литейных форм Альфа-сет процесс (двухкомпонентное связующее на основе водорастворимой щелочной фенолоформальдегидной смолы резольного типа и сложнотвердого отвердителя) постепенно вытесняет ПГС- процесс(песчано-глинистые смеси), а для стержней Cold-Box Amin процесс (Фенол-Уретан Cold-Box – название связующих трехкомпонентных систем, состоящих из фенолоформальдегидной смолы, изоцианатного активатора и катализатора в газообразном состоянии на основе третичных аминов). Значимость стержневых технологий такова, что в профессиональной среде их название ассоциируется с технологией производства самой отливки, что объясняется значимостью этого процесса во всей сложной технологической цепочке производства литья. Удельный вес Cold-Box Amin процесса, в

производстве литейных стержней, составляет примерно 85-87% , а в некоторых отраслях доходит до 96% (производство автомобильных двигателей), что объясняется сочетанием технологичности и прочностных характеристик, получаемых стержней. При этом компоненты применяемые в данной технологии являются дорогостоящими (259000 – 370000 руб./т), чрезвычайно токсичными и канцерогенными (1-й и 2-й классы опасности). Экологическая и санитарно-гигиеническая безопасность обеспечивается технологическим оборудованием, производимым в странах ЕС, преимущественно в Германии, и жестким регламентом к соблюдению всех норм технологического процесса[2, 3, 6].

Данные связующие производятся на совместном российско-германском предприятии «Уралхимпласт – Хюттенес Альбертус» (г. Нижний Тагил), однако сырьем для их производства (на 100% продукции) являются материалы, поставляемые из Германии и стран ЕС[3].

На основании анализа специализированной информации (монографии, научные статьи, патенты, информация на сайтах профильных предприятий и организаций) [1, 2, 4, 7]. произведена каталогизация существующих технологий изготовления литейных форм и стержней. Определен современный уровень требований к технологиям данного профиля, состоящий в том, что литейные связующие на основе фенольных смол имеют универсальную технологичность, при высоких прочностных показателях, что обеспечивает высокое качество форм и стержней, а следовательно высокое качество производимых отливок[2, 6].

Анализ оценки возможностей отечественной ресурсной базы для создания современных литейных связующих материалов и разработка на их основе технических решений по модернизации литейного производства направленной на повышение его технологической и экологической безопасности [7], а также обеспечение ресурсоэффективности, показывает перспективность связующих производимых на отечественной ресурсной базе[1,4].

Перспективными отечественными литейными связующими материалами способными конкурировать, при соответствующей доводке технологических и прочностных свойств могли бы стать, из органических материалов – технические лигносульфонаты или иные лигнинсодержащие продукты[8, 9]; из не органических – жидкое стекло, при условии применения разупрочняющих добавок, и разнообразные фосфатные связки (АФС, АХФС, АБФС и т.п.).

Эффективные технические решения в этой области, могут быть найдены на основе комбинированного использования перечисленных отечественных материалов с разнообразными

масляными связующими и смолами, так же отечественного производства.

Сложность проблемы состоит в том, что крупные литейные предприятия с массовым и крупносерийным производством, оснащены современным импортным оборудованием европейских производителей, которое спроектировано под процессы структурообразования на упомянутых выше фенольных связующих. Такое ориентирование специализированного технологического оборудования исключает возможность применения отечественных материалов, поскольку это квалифицируется как нарушение технологического регламента, что влечет автоматическое снятие с сервисного обслуживания и другие санкции. Однако в сложившихся политико-экономических условиях целесообразно рассмотреть альтернативные импортным материалам связующие на отечественной ресурсной базе, способные, либо «встраиваться» в работу существующего оборудования, либо требующие создания новых конкурентных разработок, включающих: отечественное связующее – процесс структурообразования – специализированное оборудование. Первый путь является наиболее быстрым по времени но менее перспективным в стратегическом плане.

В экономическом аспекте, отечественные материалы существенно дешевле и безопаснее. Например, применение технических лигносульфонатов (ЛСТ), как исходного для разработки материала, стоит от 4400 до 8000 руб./т (259000 – 370000 руб./т для импортных фенольных смол), что намного дешевле импортных фенольных смол.

В экологическом аспекте, продуктами термодеструкции на этапах технологического цикла являются вещества третьего и четвертого классов опасности (умеренно опасные или инертные). Это обуславливает перспективность применения данного материала, как основы для создания литейных связующих современного уровня.

Однако, при указанных положительных свойствах, лигносульфонатные материалы не находят своего потребителя в силу ряда причин, как субъективных, связанных с коммерческими моментами, так и объективных, в силу низкой связующей способности.

Рассмотрим, в качестве примера, приведение прочностных свойств отечественного лигносульфоатного материала, к современному уровню требований.

Известно, что литейном производстве все более широко находят применение различные прогрессивные методы повышения технологических свойств органических связующих, например, химическая активация, термическая обработка, воздействия различными физическими методами, включая ультразвуковую обработку, наложение

электрических и магнитных полей, а также механическую или механохимическую активацию. В данном случае, под активацией понимается процесс какого-либо воздействия на объект, обеспечивающий переход связующего материала в иное состояние качества, позволяющее при меньшем объеме его применения обеспечивать в полной мере все функциональные требования (технологические нормативы). Как следует из информационных источников [1, 8, 9], разные способы воздействия имеют свои достоинства и недостатки, однако наиболее перспективными и эффективными из перечисленного арсенала являются физические методы воздействия, в частности механообработка, химическая и химико-термическая активация[8].

Пример. Применение химико-термической и термической активации ЛСТ, как инструмента повышения его связующей способности.

Как указывалось ранее, одной из главных причин, ограничивающих области применения технических лигносульфонатов (ЛСТ) в качестве связующих материалов в литейном производстве, является длительный цикл их отверждения. Как правило, он составляет, от 30 до 180 мин., главным образом, в зависимости от температуры сушки и массы объекта (литейный стержень или форма). Это приводит к тому, что ЛСТ используют преимущественно в технологических процессах, где отверждение стержней и форм осуществляется нагревом, как правило, конвективной сушкой.

Указанная длительность цикла отверждения объясняется природой связующего ЛСТ и прежде всего тем, что это водное связующее (содержание влаги согласно ТУ колеблется в пределах от 49 до 53%), а это обуславливает длительный период испарения растворителя (влаги) в процессе сушки.

В то же время, ЛСТ являются продуктом делигнификации древесины в процессе сульфитной варки при производстве целлюлозы и на микроуровне представляют из себя полидисперсную коллоидную систему, состоящую из олигомерных цепей лигносульфоновых кислот. Это позволяет предположить, что при определённых условиях возможен процесс сшивки олигомерных цепей ЛСТ в линейный или пространственный полимер с образованием таких интегральных структур, которые бы приобретали высокие прочностные свойства за относительно короткий промежуток времени. Очевидно, что решение задачи поиска таких условий может позволить ускорить процесс отверждения ЛСТ и возможно повысить прочностные характеристики непосредственно литейных стержней и форм.

Сформулируем, каким принципам должны удовлетворять условия обеспечивающие образование полимерной цепи из олигомеров ЛСТ.

Во-первых, для образования устойчивых продольных или поперечных связей олигомерных молекул ЛСТ необходимо наличие в составе

связующей композиции химически активных центров. В качестве подобных центров, обеспечивающих образование полимера, могут выступать различные функциональные группы, как присутствующие в системе (в составе ЛСТ), так и привнесённые в неё из вне.

Во-вторых, для активизации таких центров с целью инициирования химического взаимодействия, необходимо внешнее воздействие на систему, которое может заключаться в изменении (повышении) температуры. Очевидно, что условием эффективности такого воздействия будет характер

его динамики. Резкое повышение температуры (термический удар) должно обеспечить инициирование требуемых процессов.

В-третьих, необходимо учесть, что при резком повышении температуры параллельно с процессами структурообразования будут развиваться процессы деструкции, поэтому термоудар должен носить кратковременный характер. Длительность цикла термического воздействия можно определить экспериментально.

В общем виде это представлено в табл. 1.

Таблица 1

Условия, обеспечивающие повышение связующей способности ЛСТ

№	Условия	Содержание процессов
1	Продольно поперечная сшивка олигомерных лигнинных цепей	Для образования устойчивых продольных или поперечных связей олигомерных молекул ЛСТ необходимо наличие в составе связующей композиции химически активных центров. В качестве подобных центров, обеспечивающих образование полимера, могут выступать различные функциональные группы, как присутствующие в системе (в составе ЛСТ), так и привнесённые в неё из вне.
2	Инициирование активных центров	Для активизации таких центров с целью инициирования химического взаимодействия, необходимо внешнее воздействие на систему, которое может заключаться в резком повышении температуры, условием эффективности такого воздействия будет характер его динамики.
3	Оптимальность температурной активации	При резком повышении температуры параллельно с процессами структурообразования будут развиваться процессы деструкции, поэтому термоудар должен носить кратковременный характер. Длительность цикла термического воздействия можно определить экспериментально.

Таким образом, идеология решения стоящей задачи состоит в химико-термической (в состав связующего дополнительно из вне вводятся добавки: отвердители и катализаторы) и термической (химически активные центры образуются за счет активации функциональных групп, которые находятся в составе связующего) активации ЛСТ.

В первом случае (термическая активация) процесс структурирования оканчивается гелеобразованием, так как, вероятно, в составе ЛСТ нет таких активных центров (функциональных групп), которые бы могли образовывать поперечные связи в структуре полимера. При таком механизме характер отверждения является обратимым, при этом возможно самопроизвольное разупрочнение образующейся структуры.

Во втором случае, наличие отвердителя в составе связующего приводит к формированию структур с образованием прочной трехмерной полимерной сетки, а катализатор, как показывают исследования, повышает скорость процесса отверждения (табл. 2.).

Установлено, что наиболее эффективно использовать в качестве отвердителей неионогенные поверхностно-активные вещества (НПАВ), а в

качестве катализатора различные минеральные кислоты, в данном случае приводятся данные об использовании борной кислоты.

Анализируя полученные результаты (табл. 2) можно сказать, что использование термической и химико-термической активации приводит к значительному ускорению процессов отверждения ЛСТ, что видно при сравнительном анализе показателей прочности составов № 1 и № 2 (термическая активация), № 3 и № 4 (химико-термическая активация).

Исследовался процесс термической и термохимической активации ЛСТ. Процесс термической и термохимической активации состоял в резком термическом воздействии (термоударе) на связующую композицию (ЛСТ + модификатор) или материал (ЛСТ), с целью активизации реакционноспособных функциональных групп и центров, для инициирования процессов структурообразования связующего материала.

Таким образом, ускорялся процесс отверждения композиции, и создавались условия повышения её прочности за счет создания дополнительных поперечных связей при сшивке олигомерных молекул ЛСТ в результате поликонденсации или полимеризации (табл. 2).

Таблица 2

Термическая и термохимическая активация ЛСТ и композиций на их основе

№	Компоненты	№1	№2	№3	№4
1	2	3	4	5	6
1	Наполнитель, кварцевый песок марки 1К02Б, %	100	100	100	100
2	ЛСТ производства Пермского ЦБК, %	4.0	-	4.0	-
3	ЛСТ производства Сокольского ЦБК, %	-	4.0	-	4.0
4	Отвердитель НПАВ, %	-	-	0.27	0.27
5	Катализатор (порошкообразная борная кислота), %	-	-	0.22	0.22

Температура сушки 400 °С				
Продолжительность сушки, мин.		Прочность при растяжении, МПа		
1.5		-	-	-
2.0		-	0.29	-
2.5		0.31	-	0.50
3.0		0.34	-	0.87

Температура сушки 420 °С				
Продолжительность сушки, мин.		Прочность при растяжении, МПа		
1.5		-	-	0.51
2.0		0.33	-	0.62
2.5		0.37	-	1.69
3.0		0.47	0.29	2.28

Температура сушки 440 °С				
Продолжительность сушки, мин.		Прочность при растяжении, МПа		
1		2	3	4
1.5		-	-	0.55
2.0		0.54	-	0.91
2.5		0.99	0.33	1.66
3.0		1.11	0.39	1.78

Исследования проводились на составах с различными типами ЛСТ – изготовленными по различным технологиям, в качестве отвердителя использовался модификатор НПАВ, а в качестве катализатора борная кислота, которые наилучшим образом проявили себя на предварительном этапе испытаний.

Термоудар обеспечивался вводом стандартных образцов в печь нагретую до 400 – 440 °С.

Результаты показали, что, наиболее эффективным является процесс термохимической активации (состав 4, табл. 2) для композиции ЛСТ (Сокольского ЦБК)-НПАВ, и процесс термоактивации для ЛСТ (Пермского ЦБК). Это объясняется различием в химическом составе ЛСТ, выпущенных различными комбинатами по различным технологиям (сульфитная и бисульфитная варки соответственно), что подтверждает тезис о том, что ЛСТ являются фрактальным объектом с непостоянной структурой и свойствами. Однако, полученные результаты говорят и то, что в любом случае можно стабилизировать и улучшить (повысить связующую способность) свойства ЛСТ (состав 1 и 4, табл. 2).

Таким образом, наибольший эффект, как и предполагалось, достигается при высоких температурах 400-440 °С, однако при этом наблюдается (в особенности для термоактивации) локализация влаги во внутренних областях исследуемых образцов.

Результаты исследований показывают, что применение методов химической и термохимической активации приводит к значительному сокращению цикла (до нескольких минут) отверждения стержневых и формовочных смесей с ЛСТ. Отрицательным моментом этого способа является неполная обратимость отверждения, что проявляется в самопроизвольном разрушении образцов с течением времени.

Возможен вариант комбинирования ЛСТ с другими связующими. Комбинирование ЛСТ с другими связующими материалами, в частности масляными типа УСК, КО, СКТ или синтетическими смолами типа КФ-О, КФ-МТ показало, что в этом случае наряду с выравниванием (стабилизацией) свойств и некоторым повышением связующей способности наблюдается ухудшение санитарно-гигиенических норм (запах) и экологических показателей (формальдегид, акролеин, бензапирен), происходит удорожание получаемых композиций. Это обусловлено, прежде всего, за счет тех материалов, которые используются в комбинации с ЛСТ. Комбинирование может быть использовано для обеспечения необходимых технологических свойств, придания формовочным и стержневым смесям пластичности, текучести, формуемости и т.д. Стабилизация свойств и наблюдаемое повышение связующей способности происходит вследствие того, что используемые материалы сами обладают

связующей способностью, как правило, наблюдается взаимосвязь между их содержанием в композиции и увеличением её связующей способности.

Основные результаты работы.

В результате исследований установили, что:

1) наиболее эффективным способом повышения связующей способности и стабилизации свойств ЛСТ является процесс модифицирования;

2) наиболее высокоэффективным модификатором являются неионогенные ПАВ;

3) в любом случае можно тем или иным способом стабилизировать и улучшить (повысить связующую способность) свойства ЛСТ;

4) комбинирование ЛСТ с другими типами связующих рационально применять для регулирования технологических свойств, при этом, увеличение доли этих связующих в композиции ведёт к ухудшению санитарно-гигиенических норм.

Выводы. Таким образом, в результате проведения экспериментальных исследований установили:

Значимость стержневых технологий такова, что в профессиональной среде их название ассоциируется с технологией производства самой отливки, что объясняется значимостью этого процесса во всей сложной технологической цепочке производства литья.

Удельный вес Cold-Box Amin процесса, в производстве литейных стержней, составляет примерно 85-87%, а в некоторых отраслях достигает до 96% (производство автомобильных двигателей), что объясняется сочетанием технологичности и прочностных характеристик, получаемых стержней. При этом компоненты применяемые в данной технологии являются дорогостоящими (259000 – 370000 руб./т), чрезвычайно токсичными и канцерогенными (1-й и 2-й классы опасности).

Эффективные технические решения в этой области, могут быть найдены на основе комбинированного использования отечественных материалов с разнообразными масляными связующими и смолами, так же отечественного производства, а также за счет целенаправленной обработки улучшающей их характеристики.

Сложность проблемы состоит в том, что крупные литейные предприятия с массовым и крупносерийным производством, оснащены современным импортным оборудованием европейских производителей, которое спроектировано под процессы структурообразования на упомянутых выше фенольных связующих.

Показали, что наиболее эффективными способами повышения связующей способности являются методы предварительной обработки ЛСТ поверхностно активными материалами неионогенного типа и механообработка ЛСТ на дезинтеграторных установках. В обоих случаях получали четко проявляющийся, устойчивый и

повторяющийся результат в не зависимости от вида (марки) и производителя лигносульфоната.

Доказали, что обработка ЛСТ НПАВ приводила к увеличению связующей способности композиции в абсолютном выражении с 0,3 – 0,5 МПа до 3.0 МПа и выше, что по показателю удельной прочности соответствует 0,5-0,6 МПа/% связующего в смеси, а это соответствует уровню высокоэффективных связующих данного типа, например, масляных КО, УСК, СКТ и синтетических смол (в частности КФ-0, КФ-МТ и др.).

Л и т е р а т у р а

1. Литейные формовочные материалы. Формовочные, стержневые смеси и покрытия. Справочник. / Болдин А.Н., Давыдов Н.И., Жуковский С.С. и др. – М.: Машиностроение. – 2006. – 507с.

2. Мельников А.П., Кукуй Д.М. Современные тенденции развития технологии в литейном производстве// Литье и металлургия. – №3 (47). – 2008. – С. 65-80.

3. Буданов, Е.Н. Семь основных мифов и заблуждений относительно литейного производства / Е. Н. Буданов // Литейное производство. – 2009. – № 9. – С. 2-10.

4. Холоднотвердеющие связующие и смеси для литейных стержней и форм: справочник. / Жуковский С.С. – М; Машиностроение, – 2010. – 256 с.

5. Соловьев Л.П., Булкин В.В., Шарапов Р.В. Существование человека в рамках техносферы / Машиностроение и безопасность жизнедеятельности, – 2012, №1. – С.31-39.

6. Доценко П.Н. Изготовление отливок в стержневых формах. Опыт фирмы “Laempe” в оснащении литейных производств оборудованием и технологиями. <http://www.ruscastings.ru/work/168/2130/2132/6919>

7. Митрохина А.С., Макарова А.Е. Вредные факторы литейного производства/ Современные наукоемкие технологии. – №5, 2014. – С. 103.

8. Евстигнеев А.И., Петров В.В., Дмитриев Э.А., Беляев И.А. Химическая активация комплексного органического связующего на основе технических лигносульфонатов.// Литейное производство. – № 11, 2005. – С.18-21,

9. Falah Mustafa Al- Sarairoh & Yuri Svinoroev Production of high quality casting binders from materials containing lignin / International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development (IJMPERD) ISSN(P): 2249-6890; ISSN(E): 2249-8001; Published: Sep 22, 2020.

Svinoroev Yu.A., Gutko Yu.I.

ANALYSIS OF THE STATE OF PRACTICAL APPLICATION OF FOUNDRY BINDERS IN MODERN TECHNOLOGICAL CASTING PROCESSES, THE PROBLEM OF TECHNOLOGICAL SAFETY

It was established that the importance of core technologies is such that in the professional environment their name is associated with the technology of production of the casting itself, which is explained by the significance of this process in the entire complex technological chain of casting production.

The specific weight of the Cold-Box Amin process in the production of casting rods is approximately 85-87%, and in

some industries it reaches 96% (production of automobile engines), which is explained by the combination of manufacturability and strength characteristics of the rods obtained. At the same time, the components used in this technology are expensive (259,000 – 370,000 rubles / ton), extremely toxic and carcinogenic (1st and 2nd hazard classes).

Effective technical solutions in this area can be found on the basis of the combined use of domestic materials with a variety of oil binders and resins, as well as domestic production, as well as through targeted processing that improves their characteristics.

The complexity of the problem lies in the fact that large foundries with mass and large-scale production are equipped with modern imported equipment from European manufacturers, which is designed for the processes of structure formation on the phenolic binders mentioned above.

It has been shown that the most effective ways to increase the binding capacity are the methods of pretreatment of LST with surface active materials of non-ionic type and mechanical processing of LST on disintegrator installations. In both cases, a clearly manifested, stable and repetitive result was obtained, regardless of the type (brand) and manufacturer of lignosulfonate.

It was proved that the treatment of LST NPA led to an increase in the binding capacity of the composition in absolute terms from 0.3 – 0.5 MPa to 3.0 MPa and higher, which corresponds to 0.5-0.6 MPa/% of the binder in the mixture in terms of specific strength, and this corresponds to the level of highly effective binders of this type, for example, oil CO, USK, SKT and synthetic resins (in particular KF-0, KF-MT, etc.).

Key words: foundry binders, casting processes, technological safety, domestic resource base, technical lignosulfonates, binding capacity.

Свинороев Юрий Алексеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Промышленного и художественного литья» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

E-mail: desna.us@yandex.ru

Svinoroev Yuri Alekseevich, candidate of technical Sciences, associate Professor "Industrial and art casting" SEE HT LPR «Luhansk Vladimir Dahl State University».

Гутько Юрий Иванович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Промышленного и художественного литья» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

E-mail: lguni.lit@yandex.ru

Gutko Yuri Ivanovich, doctor of technical Sciences, Professor, head of Department "Industrial and art casting" SEE HT LPR «Luhansk Vladimir Dahl State University».

Рецензент: Витренко Владимир Алексеевич, д.т.н., проф., проректор ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 25.12. 2022г.

УДК: 621.742.22

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ОТЛИВОК С ПРИМЕНЕНИЕМ СВЯЗУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ РЕСУРСНОЙ БАЗЫ, ИСПОЛЬЗУЮЩИЕ БЕНТОНИТОВУЮ ГЛИНУ И ФОСФАТЫ

Свинороев Ю.А., Рябичев В.Д., Гутько Ю.И.

PROMISING TECHNICAL SOLUTIONS FOR THE PRODUCTION OF CASTINGS USING BINDING MATERIALS BASED ON THE DOMESTIC RESOURCE BASE, USING BENTONITE CLAY AND PHOSPHATES

Svinoroev Yu.A., Ryabichev V.D., Gutko Yu.I.

Рассмотрены перспективные технические решения для производства отливок с применением связующих материалов на основе отечественной ресурсной базы, использующие бентонитовую глину и фосфаты.

В части технических решений по получению отливок из безводных смесей: установили, что одним из перспективных направлений повышения качества отливок из цветных сплавов является применение безводных формовочных смесей, в которые в качестве связующих используется органофильный бентонит, а средой набухания является углеводородная жидкость.

Безводные смеси испытаны также с положительными результатами при изготовлении отливок из алюминиевых и медных сплавов.

В части технических решений получения ХТС с железофосфатными связующими: разработаны железофосфатные ХТС состава, масс. ч: 1,8...2 окалины, 97,8...98,2 кварцевого песка и 3,5...4 НЗРО₄ со следующими свойствами (в зависимости от дисперсности порошка и концентрации НЗРО₄): 8...15 мин, σ сж через 1 ч 0,15...2, через 4 ч – 0,9...1,7, через 24 ч – 1,6...5,2 МПа при пластичности в начальный период затвердения, обеспечивающей извлечение оснастки без нарушения целостности форм.

Ключевые слова: *технические решения, отечественная ресурсная база, литейное производство, бентонит, цветные сплавы, фосфатные связующие, принципы получения отливок из фосфатных связующих*

Введение. Доминирование технологических процессов литья в разовые песчаные формы, определяет главенствующую роль и значимость литейных связующих материалов в качественном осуществлении процессов формообразования, а значит и получения в конечном итоге годной отливки [1, 2].

Оценивая номенклатуру и объемы используемых, в настоящее время, связующих материалов на предприятиях РФ, обращает на себя внимание значительность доли приходящейся на

импортные смоляные связующие, обеспечивающие все многообразие ХТС – процессов [1, 3].

В тоже время, в силу целого ряда причин отечественная сырьевая база не заслуженно отодвинута на периферию рынка литейных связующих [4].

Сложная политико-экономическая ситуация требует пересмотра сложившейся ситуации, в пользу расширения объемов применения именно отечественных литейных связующих, на новом уровне технологических возможностей с перспективой обеспечения не только технологических, но и экономических и экологических императивов [4, 5]. Противоречие между наличием огромного ресурсного потенциала отечественных продуктов, большого количества научных разработок в этой сфере и их не востребованностью, определяет существо проблемы эффективного использования отечественного потенциала.

Цель и задачи исследований. Оценка возможностей вовлечения отечественного ресурсного потенциала для разработки новых связующих материалов и их практического применения на Российских предприятиях с литейным производством, а так же отработка перспективных технических решений для производства отливок.

Ход выполнения работы. Рассмотрим, в качестве перспективных технических решений, создание безводных органобентонитовых формовочных смесей, для производства отливок ответственного назначения из цветных сплавов, и технические решения получения ХТС с железофосфатными связующими.

Безводные органобентонитовые формовочные смеси.

При получении отливок ответственного назначения и из цветных сплавов большое количество металла уходит на брак из-за пористости, рыхлоты и других дефектов, характерных для отливок из цветных сплавов, которые в значительной степени зависят от состава смеси и количество влаги [6].

В настоящее время одним из перспективных направлений повышения качества отливок из цветных сплавов является применение безводных формовочных смесей, в которые в качестве связующих используется органофильный бентонит, а средой набухания является углеводородная жидкость.

Органобентонит представляет собой порошок белого или кремового цвета, получаемый из естественного бентонита путем обработки четвертичными аммониевыми солями (олефилизаторами), в частности алкилбензилдиметиламмонийхлоридом, относящимися к катионным поверхностно-активным веществам. В процессе обработки бентонита катионы натрия замещаются органическими радикалами и органобентонит приобретает способность образовывать в органических средах тиксотропные коагуляционные структуры, предающие формовочным смесям пластичность и связность.

Вторым компонентом безводной смеси является углеводородная жидкость, в качестве которой используются продукты переработки нефти, различные минеральные растительные масла. Огнеупорным наполнителем безводных смесей служит преимущественно кварцевый песок с содержанием глинистой составляющей $\leq 2\%$.

С увеличением содержания монтмориллонита (с 55 до 70%) увеличивается максимальная прочность смеси (с 60 до 90 кПа) и содержание углеводородной жидкости (с 1,0 до 2,5%), что свидетельствует о существенном влиянии исходного сырья на характер изменения и максимальную прочность безводных формовочных смесей.

Прочность безводных смесей также зависит от степени перемешивания и природы углеводородной жидкости. Чем больше вязкость применяемой жидкости, тем продолжительнее время перемешивания для достижения максимальной прочности. При этом у смесей с менее вязкой углеводородной жидкостью показатель максимальной прочности больше. Время перемешивания безводных смесей для достижения максимальных показателей прочности должно составлять 20...25 мин. Однако целесообразно установить время перемешивания 10...15 мин, поскольку потеря прочности при этом незначительна (~ 10 КПа). При изготовлении образцов из безводной смеси методом прессования обеспечивается более высокая прочность, чем при набивке копром. При этом увеличение усилия прессования с 1 до 2 МПа не приводит к

дополнительному повышению прочности. Поэтому при выборе способа уплотнения безводной смеси предпочтение следует отдать уплотнению прессованием. Безводная смесь дает четкий отпечаток, имеет хорошую податливость, позволяет получить равномерную твердость, не прилипает к модели. При нагреве углеводородная жидкость выделяет меньше газов по сравнению с водой, поэтому форма из безводной смеси в меньшей степени нуждается в высокой газопроницаемости, что позволяет применять мелкозернистые пески, обеспечивающие высокую чистоту поверхности отливок.

Для изучения изменения свойств безводной смеси при выдержке их на открытом воздухе были приготовлены три смеси с различным соотношением углеводородной жидкости и органобентонита: 0,3 – с недостатком жидкой фазы; 0,4 - с оптимальным соотношением; 0,5 - с избытком жидкой фазы. Исходные прочности этих смесей составляли соответственно 80, 63 и 56 кПа, а после 30 сут выдержки они составили соответственно 72, 65 и 68 кПа. Сопоставление показателей прочности до и после выдержки смеси на воздухе показывает, что при недостатке жидкой фазы безводная смесь несколько теряет прочность, при оптимальном содержании жидкой фазы прочность практически не изменяется, а при избытке - даже повышается.

Проведенные исследования позволили разработать составы безводных смесей с заданными физико-механическими и технологическими свойствами. Использование этих смесей позволяет получить отливки с толщиной стенки 1,5...2,0 мм, полностью устранить газовые и песчаные раковины. Поскольку этих смесях отсутствует вода, то исключается ее каталитическое влияние на процессы взаимодействия металла с формой; склонность к образованию ужимин и просечек минимальна (практически таких дефектов на отливках нет). При изготовлении отливок из магниевых сплавов не следует вводить в смесь добавки, препятствующие возникновению очагов загорания, так как при заливке металла в полости форма образуется восстановительная атмосфера и значительно снижается дефектность по пленам.

Возможности безводной смеси можно проиллюстрировать процессы изготовления отливки из магниевого сплава, при котором использовали смесь состава, %: 95...95,6 песка кварцевого, 4,5...5 органобентонита, 2...2,5 (сверх 100%) углеводородной жидкости. При указанном составе обеспечивается $\sigma_{сж}$ 60...80 кПа, газопроницаемость 170...200 ед. уплотняемость 40...50%, текучесть 55...70%, осыпаемость 0,1...0,3%. Газотворная способность смеси 0,6...0,8 см³/с. При необходимости прочность безводной смеси может быть повышена за счет увеличения содержания органобентонита до 120...150 кПа. Смесь приготавливали в бегунах каткового типа. Сухие составляющие перемешивали в течение 2 мин. и

после загрузки углеводородной жидкости продолжали перемешивать еще 10 мин.

Формовку осуществляли в опоках размером 1600X1200X350/450 мм на стряхивающей машине с поворотным столом. Количество смеси в форме составило 800 кг, металлоемкость магниевого сплава – 56 кг. После уплотнения смеси твердость набивки форм находилась в пределах 60...70 ед. по ладу, на вертикальных поверхностях форм 55...65. Стержни для формы изготавливали из холоднотвердеющей смеси. Заливку проводили из кранового ковша вместимостью 0,2 т при 750...800°C.

После выдержки ≥ 2 ч. форму выбивали, что не представляло трудностей, поскольку смесь при нагреве не упрочнялась и не проиграла к отливке. Потери смеси с отливкой минимальны. Выбитая смесь с остатками стержней отправлялась в смесеприготовительное отделение для использования в качестве оборотной. Согласно технологии отливка проходила рентгенографию и другие контрольные операции. Параллельно с получением опытных отливок отливали образцы для определения физико-механических свойств металла. Свойства литых образцов из магниевых сплавов удовлетворяют или превышают требования технологии.

В процессе получения отливок безводную свесь использовали в качестве оборотной с собственным возвратом. Согласно экспериментам, проводимым в течение восьми оборотов, освежение при отношении металл: смесь, равным 1:10, составило по органобентониту 0,8%, а по углеводородной жидкости 0,5%. Безводные смеси испытаны также с положительными результатами при изготовлении отливок из алюминиевых и медных сплавов.

Технические решения получения ХТС с железофосфатными связующими.

Совершенствование существующих технологических процессов изготовления стержней и форм состоит в разработке нетоксичных ХТС с легкой выбиваемостью. Этим требованиям отвечают ХТС на основе фосфатных связующих, твердеющих за счет взаимодействия оксидных соединений с H_3PO_4 . [7,8].

В качестве оксидных компонентов фосфатных систем исследовали железосодержащие материалы, являющиеся отходами металлургического производства: доменную (колошниковую), электросталеплавильную, мартеновскую, конвертерную пыль и прокатную окалину. Характерной особенностью этих материалов является присутствие в них закисного и окисного железа в суммарном количестве 40...90%.

Установлено, что прокатную окалину перед использованием в составе связующей композиции необходимо обжечь для удаления машинного масла с ее поверхности при температуре 260...300°C и размолоть, конвертерную и колошниковую пыль

также следует домалывать. Электросталеплавильная пыль в предварительной подготовке не нуждается вследствие высокой удельной поверхности ($S_{уд} = 400...500 \text{ м}^2/\text{кг}$).

Основными фазами железосодержащих материалов, определяющими связующие свойства железосодержащих порошков, являются вюстит (FeO), магнетит (Fe_3O_4), гематит ($\alpha\text{-Fe}_2O_3$) и маггемит ($\gamma\text{-Fe}_2O_3$), которые различаются по химической активности к H_3PO_4 . Так, взаимодействие FeO с H_3PO_4 протекает бурно, схватывание в системе $Fe_3O_4\text{--}H_3PO_4$ завершается через 1 ч, маггемит реагирует с кислотой медленнее (через 10...12 ч), гематит твердеет при взаимодействии с H_3PO_4 в условиях нагрева.

Важную роль в кинетике химического взаимодействия железосодержащего порошка с H_3PO_4 играют примеси. Для некоторых материалов характерно присутствие CaO и S . Эти окислы считают вредными примесями, количество которых необходимо контролировать, поскольку взаимодействие их с H_3PO_4 сопровождается значительным тепловыделением и нарушением процессов структурообразования в твердеющей системе. Химический анализ железосодержащих порошков не позволяет оценить количественно содержание в них материалов FeO , Fe_3O_4 и Fe_2O_3 , для решения этой задачи был разработан при экспресс-метод, основанный на контроле магнитных свойств порошка.

Оценка пригодности, железо содержащего порошка для литейного производства осуществлялась по его активности (время затвердевания композиции, состоящей из 10 г порошка и 10 г H_3PO_4 плотностью $1,24 \text{ кг/м}^3$, – методика НПО ЦНИИТ-маш), которая определяется фазовым составом, присутствием примесей и удельной поверхностью материала. Для получения ХТС с низким (2 масс. ч.) содержанием порошка его активность должна составлять 15...17 с. В результате испытаний установлены характерные особенности железосодержащих материалов.

Мартеновская и электросталеплавильная пыль содержит, %: <3 закисного железа и <6 примесей CaO . Поскольку фазовый состав представлен низкорекреационным $\alpha\text{-Fe}_2O_3$ (61,37 и 36, 5%), эти материалы для получения ХТС являются неперспективными.

Колашниковая пыль содержит незначительное количество закисного железа (~7%), более 4% CaO и 0,5% S ; связующая композиция на ее основе имеет низкую прочность. Активизировать материал в лабораторных условиях удастся длительным помолом (28 ч в шаровой мельнице) до $S_{уд} \sim 1200 \text{ м}^2/\text{кг}$. Колошниковая пыль не может быть рекомендована для железофосфатной ХТС.

Конвертерная пыль содержит $<45\%$ закисного железа и окиси Ca (9,87%), что вызывает высокую активность ($A=10...12 \text{ с}$) при низкой $S_{уд}$ ($300 \text{ м}^2/\text{кг}$); поэтому такой материал необходимо пассивировать.

Одним из методов пассивации является предварительная термообработка материала при 200...300⁰С в течение 1 ч. Однако при хранении материал комкается и не обеспечивает равномерного перемещения жидких и твердых компонентов, смесь быстро теряет живучесть, не имеет манипуляторной прочности, поэтому этот материал не может быть рекомендован для применения в литейном производстве.

Окалина относится к наиболее перспективным материалам для использования в составах железофосфатных ХТС.

После тепловой обработки материал характеризуется оптимальным содержанием окислов железа в виде вюститита и магнетита, что обеспечивает $A=18$ с при $S_{вд}=390$ м²/кг. Свойства смеси с порошкообразной окалиной могут регулироваться путем изменения концентрации H_3PO_4 и $S_{вд}$ порошка. При повышении $S_{вд}$ окалины с 200 до 500 м²/кг следует увеличить плотность H_3PO_4 с 1,42 до 1,53 кг/м³.

Исследования свойств смеси, содержащей масс. ч.: 98 кварцевого песка, 2 окалины ($S_{вд}=390$ м²/кг), 3,5 H_3PO_4 ($\rho=1,18...1,63$ кг/м³), показали, что при $\rho=1,48...1,5$ кг/м³ она обладает максимальной (1,9...3,7 МПа) $\sigma_{сж}$ через 24 ч. При снижении $S_{вд}$ окалины от 390 до 270 м²/кг максимальная прочность достигается при ρ H_3PO_4 , равной 1,46...1,48 кг/м³.

Изучение продуктов твердения железофосфатных композиций осуществлялось методами рентгенофазового, ИК-спектроскопического, петрографического и термического анализа. Объектами исследования были образцы, затвердевшие на воздухе, а также термообработанные в окислительной и инертной атмосфере. Во всех рассмотренных случаях с увеличением плотности H_3PO_4 от 1,33 до 1,57 кг/м³ общее количество продуктов твердения возрастает с 80 до 93%.

В составе продуктов находятся устойчивые фосфаты двух- и трехвалентного железа, причем, степень кристаллизации новообразований Fe^{2+} ,

ниже, чем Fe^{3+} , а их соотношение зависит от исходной концентрации H_3PO_4 и составляет 0,87 ($\rho=1,33$ кг/м³), 1,433 ($\rho=1,5$ кг/м³), 0,69 ($\rho=1,57$ кг/м³). Таким образом, максимальное количество фосфатов Fe^{+2} соответствует большей прочности смеси.

На прочность смеси влияет состояние продуктов твердения. При образовании аморфных продуктов, которые происходят при исследовании H_3PO_4 с $\rho=1,33$ кг/м³, или кристаллических (при $\rho=1,57$ кг/м³) смесь имеет невысокую прочность. Наибольшая прочность получена при одновременном присутствии продуктов твердения в аморфной и кристаллической формах (ρ H_3PO_4 равна 1,5 кг/м³).

Исследования свойств железофосфатных композиций в зависимости от состава окалины (содержание FeO колебалось от 2 до 51%, Fe_3O_4 – от 5,6 до 49%) показали, что с увеличением Fe_3O_4 продолжительность затвердения систем изменяется от мгновенного (10% Fe_3O_4 , 51,24% FeO) до 60 мин (49% Fe_3O_4 , 5,81% FeO). Прочность композиции через 24 ч увеличивалась соответственно от 5 до 40 МПа.

Из всей группы исследованных материалов основному требованию по активности, скорости затвердения и прочности (18...20 МПа) удовлетворяли порошки с содержанием FeO, равным 8...40%, и Fe_3O_4 , равным 30...45%.

На основании полученных результатов разработаны железофосфатные ХТС состава, масс. ч: 1,8...2 окалины, 97,8...98,2 кварцевого песка и 3, 5...4 H_3PO_4 со следующими свойствами (в зависимости от дисперсности порошка и концентрации H_3PO_4): 8...15 мин, $\sigma_{сж}$ через 1ч 0,15...2, через 4 ч – 0,9...1,7, через 24 ч – 1,6...5,2 МПа при пластичности в начальный период затвердения, обеспечивающей извлечение оснастки без нарушения целостности форм.

Проведенные экспериментальные исследования позволили сформулировать основные принципы получения ХТС с железофосфатными связующими (табл. 1).

Таблица 1

Принципы получения ХТС с железофосфатными связующими

№	Показатель	Содержание
1	Состав	в качестве железосодержащих материалов должны использоваться порошки с содержанием, %: 10...40 FeO, 30...45 Fe_3O_4 ; <3 CaO. Прокатная окалина, является наиболее перспективным материалом;
2	Катализатор	выбор исходной концентрации H_3PO_4 определяется дисперсностью порошка; изменением концентрации кислоты можно влиять на качество, состав и фазовое состояние продуктов твердения железофосфатной композиции и соответственно на ее свойство; при снижении дисперсности порошка рационально снижать концентрацию H_3PO_4
3	Соотношения фосфатов	независимо от дисперсности порошка, оптимальные свойства композиции из смеси обеспечиваются при определенном соотношении фосфатов Fe^{2+} и Fe^{3+} различного фазового состояния (аморфного и кристаллического); для порошков с $S_{уд} = 400...500$ м ² /кг это достигается при использовании H_3PO_4 с $\rho=1,5$ кг/м ³).

Основные результаты исследований.

1. Установили, что процессе получения отливок

безводную смесь использовали в качестве оборотной с собственным возвратом. Согласно

экспериментам, проводимым в течение восьми оборотов, освежение при отношении металл: смесь, равным 1:10, составило по органобентониту 0,8%, а по углеводородной жидкости 0,5%. Потери смеси с отливкой минимальны. Согласно технологии отливка проходила рентгенографию и другие контрольные операции. Параллельно с получением опытных отливок отливали образцы для определения физико-механических свойств металла. Свойства литых образцов из магниевых сплавов удовлетворяют или превышают требования базовой технологии.

2. Проведенные экспериментальные исследования позволили сформулировать основные принципы получения ХТС с железофосфатными связующими:

в качестве железосодержащих материалов должны использоваться порошки с содержанием, %: 10...40 FeO, 30...45 Fe₃O₄; < 3 CaO. Прокатная окалина, является наиболее перспективным материалом;

выбор исходной концентрации H₃PO₄ определяется дисперсностью порошка; изменением концентрации кислоты можно влиять на качество, состав и фазовое состояние продуктов твердения железофосфатной композиции и соответственно на ее свойство; при снижении дисперсности порошка рационально снижать концентрацию H₃PO₄;

независимо от дисперсности порошка, оптимальные свойства композиции из смеси обеспечиваются при определенном соотношении фосфатов Fe²⁺ и Fe³⁺ различного фазового состояния (аморфного и кристаллического); для порошков с $\gamma_{уд} = 400...500 \text{ м}^2/\text{кг}$ это достигается при использовании H₃PO₄ с $\rho = 1,5 \text{ кг/м}^3$.

Выводы. В части технических решений по получению отливок из безводных смесей:

установили, что одним из перспективных направлений повышения качества отливок из цветных сплавов является применение безводных формовочных смесей, в которые в качестве связующих используется органофильный бентонит, а средой набухания является углеводородная жидкость.

Безводные смеси испытаны также с положительными результатами при изготовлении отливок из алюминиевых и медных сплавов.

В части технических решений получения ХТС с железофосфатными связующими: разработаны железофосфатные ХТС состава, масс. ч: 1,8...2 окалина, 97,8...98,2 кварцевого песка и 3,5...4 H₃PO₄ со следующими свойствами (в зависимости от дисперсности порошка и концентрации H₃PO₄): 8...15 мин, $\sigma_{сж}$ через 1ч 0,15...2, через 4 ч – 0,9...1,7, через 24 ч – 1,6...5,2 МПа при пластичности в начальный период затвердения, обеспечивающей извлечение оснастки без нарушения целостности форм.

Л и т е р а т у р а

1. Технология литейного производства: учебное пособие для практических занятий/А.И. Батышев, В.Д. Белов, К.А. Батышев, С.А. Сироткин, Ю.А. Свинооров, В.Д. Рябичев, Ю.И. Гутько. – Москва, Луганск: Изд-во «Перо»/ Изд-во ЛГУ им. В. Даля, 2022. – 266 с.

2. Дибров И.А. Состояние и перспективные направления развития литейного производства России./ Труды XII съезда литейщиков России/НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Н.Новгород, 2015 – С.3-14.

3. Буданов, Е. Н. Семь основных мифов и заблуждений относительно литейного производства / Е. Н. Буданов // Литейное производство. – 2009 – № 9 – С. 2-10

4. Свинооров Ю.А., Бэр Р., Гутько Ю.И. О потенциале применения лигносульфонатов в качестве связующих.// Литейное производство № 12, 2016 г.– С.18-21.

5. Попов А., Доценко Р. Современные литейные стержневые технологии - анализ и тенденции развития по опыту немецкой фирмы LAEMPE//Литейное производство. – № 6, 2021. – С. 22-26.

6. Сироткин Д.Е. Разработка и внедрение технологии получения и применения безводной формовочной смеси и легкоплавкого сплава для литья штампов/ Автореферат дис. на соискание степени кандидата технических наук – Нижний Новгород, 2009г. – 23 с.

7. Илларионов И.Е., Гамов Е.С., Васин Ю.П., Чернышев Е.Г. Металлофосфатные связующие и смеси. Чебоксары: ЧГУ, 1995 г.

8. Илларионов И.Е., Петрова Н.В., Решетников А.В., Стрельников И.А., Моляков А.А. Применение металлофосфатных связующих и смесей в литейном производстве/ Литье и металлургия. – № 3(72), 2013. – С. 54-57.

Svinoroev Yu.A., Ryabichev V.D., Gutko Yu.I. PROMISING TECHNICAL SOLUTIONS FOR THE PRODUCTION OF CASTINGS USING BINDING MATERIALS BASED ON THE DOMESTIC RESOURCE BASE, USING BENTONITE CLAY AND PHOSPHATES

Promising technical solutions for the production of castings using binding materials based on the domestic resource base using bentonite clay and phosphates are considered.

In terms of technical solutions for the production of castings from anhydrous mixtures: it was established that one of the promising directions for improving the quality of castings from non-ferrous alloys is the use of anhydrous molding mixtures, in which organophilic bentonite is used as binders, and the swelling medium is a hydrocarbon liquid.

Anhydrous mixtures have also been tested with positive results in the manufacture of castings from aluminum and copper alloys.

In terms of technical solutions for obtaining HTS with iron phosphate binders: developed iron phosphate HTS composition, wt. h: 1.8...2 scale, 97.8...98.2 quartz sand and 3.5...4 H₃PO₄ with the following properties (depending on the dispersion of the powder and the concentration of H₃PO₄): 8...15 min, σ_{szh} after 1h 0.15...2, after 4 hours – 0.9 ... 1.7, after 24 hours – 1.6 ... 5.2 MPa with plasticity in the initial period of hardening, ensuring the extraction of tooling without violating the integrity of the molds.

Keywords: *technical solutions, domestic resource base, foundry, bentonite, non-ferrous alloys, phosphate binders, principles of obtaining castings from phosphate binders*

Свинороев Юрий Алексеевич, кандидат технических наук, доцент кафедр «Промышленного и художественного литья» ГОУ ВО ЛНР Луганский государственный университет имени Владимира Даля, г. Луганск.

E-mail: desna.us@yandex.ru

Svinoroev Yuri Alekseevich, candidate of technical Sciences, associate Professor kafedri "Industrial and artistic casting SEE HT LPR «Luhansk Vladimir Dahl State University».

Рябичев Виктор Дронович, доктор технических наук, профессор, ректор ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

Ryabichev Viktor Dronovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Rector of the SEE HT LPR «Luhansk Vladimir Dahl State University».

Гутько Юрий Иванович, доктор технических наук, профессор, первый проректор ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

Gutko Yuri, Doctor of Technical Sciences, Professor, First Vice-Rector of the SEE HT LPR «Luhansk Vladimir Dahl State University».

Рецензент: Витренко Владимир Алексеевич, д.т.н., проф., проректор ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 25.12. 2022 г.

УДК 130.2+091

ФИЛОСОФЕМЫ В.С. СОЛОВЬЕВА В МИФОПОЭТИКЕ СЕРГЕЯ КЛЫЧКОВА**Чернов А.А.****V.S. SOLOVYOV 'S PHILOSOPHEMES IN SERGEY KLYCHKOV 'S MYTHOPOETICS****Chernov A.A.**

В статье анализируются поэтические тексты русского поэта, представителя новокрестьянского направления в поэзии Серебряного века, С.А. Клычкова, показана генетическая связь образов его мифопоэтики с религиозно-философскими идеями В.С. Соловьёва. Выявлено использование поэтом философем теургии, всеединства, Софии. Теургия выступает одним из ключевых принципов построения мифопоэтики Клычкова. Прослежена эволюция связанных с этими философемами образов на различных этапах творчества С.А. Клычкова.

Ключевые слова: Сергей Клычков, философема, теургия, миф, София, новокрестьянская поэзия, мифопоэтика.

Введение. Поэт Сергей Антонович Клычков (1889-1937) относится, наряду с Н.А. Клюевым, С.А. Есениным, П.И. Карповым, к старшему поколению новокрестьян. Как и остальные представители новокрестьянской поэзии, на раннем этапе он испытал значительное влияние символизма. Впрочем, как отмечают исследователи, верность мировоззренческим интенциям русского символизма Клычков сохранял на протяжении всей своей жизни.

Особенностям поэтики, тематики, символики лирики и прозы С.А. Клычкова посвящены публикации Н.М. Солнцевой, Е.Б. Скороспеловой, Е.А. Демиденко, С.А. Щербакова, К.Н. Кислицына, М. Никё, Е.В. Локтевич и др. Большое внимание исследователей, как отечественных, так и зарубежных, к литературному наследию Клычкова вызвано той значительной ролью, которую поэт играл в первой трети XX века. При этом творческое наследие Клычкова, отдельные стороны его биографии долгие десятилетия были под запретом в СССР, даже после реабилитации в 1956 году поэт оставался «неупоминаемым», многие его произведения были переизданы только в конце XX века. Именно с 90-х годов прошлого столетия начинается пристальное изучение поэзии и прозы Сергея Клычкова.

В последнее десятилетие многие исследователи обращают внимание на философское содержание произведений Клычкова. Так, Е. А. Демиденко в ряде публикаций анализирует философское наполнение отдельных метафор лирики Клычкова, прослеживает сквозную для ранних стихотворений Клычкова метафору «Потаенного сада» [1]. Исследователь приходит к выводу, что в самом начале творческого пути Клычков испытал влияния символистов, воспринял их образность. Одним из центров влияния для Клычкова был поэт Эллис (настоящее имя – Лев Львович Кобылинский). Клычков

посещал кружок «Молодой Мусагет», которым руководил Эллис, и, вполне вероятно, от него воспринял идеи соловьевства, поэтику А. Блока, В. Брюсова, А. Белого, К. Бальмонта. Отметим, что Эллис был одним из поклонников Ф. Ницше и Р. Штейнера, отстаивал тезис о том, что символизм является высшей формой творчества. Воспринятые через символистов идеи Клычков творчески переосмыслил с позиций староверия и использовал в своём творчестве. Привлечшая внимание исследовательницы метафора «Потаенного сада» (так назван один из ранних сборников поэта) свидетельствует, по мнению Е. А. Демиденко, о «синтезе языческого, романтического и символистского видения мира» [1, с. 17].

В своём диссертационном исследовании Е.А. Демиденко приходит к мысли, что со временем Клычков отдаляется от романтической и символистской эстетики, при этом образы его поэзии становятся более реалистическими, но сохраняют некую «философскую многозначность» [2]. На основе значительного фактического материала исследователь прослеживает эволюцию лирического героя стихотворений Клычкова и отмечает, что на последнем этапе творчества поэта происходит усложнение героя, углубление его психологического портрета, усиливаются экзистенциальные и гностические настроения самого автора: «Клычков стремится к выявлению скрытых потенций слова, воспринимая его как носитель религиозной, философской информации, непосредственно связанной с магической сутью бытия. Своей цели Клычков стремится достичь посредством упрощения формы и углубления философского значения» [2, с. 21].

О сущности и символике метафоры сада, леса, мирового древа в ранних стихотворениях Клычкова идёт речь в статьях С. А. Щербакова. Автор отмечает ирреальность образа, его символическую глубину [3]. Сам образ «тайного сада», служащего прибежищем души, где она очищается от «грязи мира», полностью совпадает с поэтикой русского символизма. Однако Клычков, как и другие новокрестьяне, вплёл в символистскую поэтику значительный фольклорный материал. Своеобразную интерпретацию образа леса-дома в поэзии Клычкова исследователь трактует как космогоническую модель мироустройства, отражающую архаическое мировоззрение [4].

Е. В. Локтевич также обращает своё внимание на образ «Потаенного сада», в котором усматривает

мифологему утраченного рая, предстающую то в виде «тайного сада», то в виде «кельи», «горницы», «дымной хаты». Исследователь связывает эти образы с отражением старообрядческих представлений о мире горнем и дольном. Эсхатологические настроения лирического героя выливаются в поэтизацию и эстетизацию некой «таинственной печали», выступающей, по мнению Е. В. Локтевич, эмоциональным ядром сборника «Потаенный сад» [5].

Выявленные исследователями черты поэтики Сергея Клычкова указывают на использование поэтом философом соловьевства, популярных в среде русских символистов начала XX века. При этом эти философы автор встраивает в мифопоэтическую картину мира, широко обращаясь к русскому фольклору и религиозной практике старообрядчества. Однако в научной литературе в недостаточной степени раскрыты особенности использования Клычковым этих философов и их значение в творчестве поэта, не отражена их эволюция.

Целью настоящей работы является выявление основополагающих философов в поэзии Сергея Клычкова, раскрытие значения этих философов для встраивания поэтом собственного авторского мифа.

Поставленная цель предполагает решение ряда задач: 1) выделение наиболее популярных у русских символистов философских идей В. С. Соловьева; 2) анализ поэтического наследия Сергея Клычкова; 3) определение роли выявленных философов в мифопоэтике Клычкова; 4) проследивание эволюции философских идей в мифопоэтике поэта.

Поставленные задачи решались с использованием метода философской герменевтики, анализа, синтеза, культурно-исторического метода.

Изложение основного материала. Русский символизм зарождается в конце XIX века и вначале испытывает сильное влияние своего французского родоначальника. Однако с начала XX века всё большую и большую роль в русском символизме начинают играть идеи религиозной философии В. С. Соловьева. Ряд символистов (Зинаида Гиппиус и Вячеслав Иванов) признают Соловьева «духовным отцом» литературного направления.

В начале XX века символизм в России был одним из основных литературных направлений, он долго удерживал господство, и, как признают современные исследователи, даже постсимволисты испытали на себе влияние идей соловьевства и поэтику символизма. В поэзии Д. Мережковского, З. Гиппиус, А. Белого, В. Брюсова, А. Блока, В. Иванова, М. Волошина и многих др. полнокровно звучали отдельные идеи Соловьева, при этом поэты старались передать дух и смысл его метафизики, порою очень творчески перерабатывая философы «духовного отца» символизма. Каждый поэт находил собственные художественные и стилистические средства отражения идей соловьевства, также каждый индивидуально выделял в метафизике Соловьева то, что ему более подходило. Некоторые из поэтов, как например, А. Блок, заявляли, что в целом не принимают философскую систему В. С. Соловьева. Однако огромная роль поэзии Блока в художественном раскрытии отдельных философов соловьевства, их популяризации в обществе неоспорима.

Исследователи русского символизма выделяют несколько философов Соловьева, наиболее раскрытых в поэзии Серебряного века. В рецепции русских символистов наиболее часто предстаёт философема теургии. По мнению идеологов символизма, Соловьев ответил на вопрос о смысле человеческого бытия: предназначением человека является воплощение замысла Бога о превращении земной юдоли в мир достойного бытия. Соловьев называет искусство той силой, которая преобразует мир, поскольку именно искусство выступает вместилищем Истины, Добра и Красоты. Эти понятия Соловьев напрямую связывает с Богом (ипостаси Божественной Троицы). Отсюда у символистов необыкновенное возвышение поэзии, которая мыслилась не просто жанром литературы, видом человеческого творчества, она мыслилась вместилищем нетварных истин, сопричастных Богу. Поэт при этом выступал творцом, выразителем истинного единства – высшей формы Красоты. Мысль Соловьева о том, что «религиозная идея» будет не только владеть поэтами и художниками, но они сами будут владеть «религиозной идеей» и управлять ею для земного воплощения [6], была абсолютизирована в русском символизме.

Значительной популярностью у русских символистов пользовалась философия Соловьева Софии-Премудрости Божьей. Образ Вечной Жены предстаёт в поэзии Соловьева, этот поэтический образ выступал своеобразным инословным продолжением религиозно-философских воззрений мыслителя. Художественная зримость Софии-Вечной Жены-Премудрости Божьей повлекла увлечение этим образом-метафорой символистами. Символом Софии становится голубой (небесная Лазурь), сама она близка и недостижима одновременно. София – хранительница извечных тайн бытия, к которым так страстно влечет человека. Символисты значительно углубили этот образ, при этом он сохранил свою нетварную инобытийную сущность. Примечательно, что у отдельных символистов (Андрей Белый, сборник «Золото в лазури») образ Софии становится символом «новой Богоматери», которая придёт в наш мир, погрязший в пороке, для того, чтобы явить ему «нового Мессию».

Принципы всеединства Соловьева также были восприняты символистами, прежде всего – Вячеславом Ивановым, который стремился преодолеть камерный индивидуализм и эгоцентризм старших символистов противопоставлением ему соборности искусства и христианской идеи мирского единения людей. Философема всеединства позволяла символистам взглянуть на мир целостно, охватить всё многообразие бытия, увидеть в этом единстве не просто систему, но самого Бога – творца сущего, тайну мира. При этом единое существует не за счет своих частей, не в ущерб им, а усиливая их, озаряя светом полноты бытия. Внимание к мельчайшим элементам и моментам повседневной жизни становится в поэзии символизма выразителем полноты бытия, отражающей, таким образом, идею всеединства.

Философы соловьевства стали на долгое время содержанием русской поэзии, из поэтики символистов они в виде отдельных образов и символов были заимствованы другими поэтами. Поэты старшего поколения новокрестьян (Н. Клюев, С. Есенин,

С. Клычков) также восприняли поэтику русского символизма. Идеи соловьевства, однако, ими были заимствованы не вслепую, они были творчески переосмыслены, наложены на значительный фольклорно-мифологический субстрат русского крестьянства и выступили в самобытной форме мифопоэтики.

Мифопоэтика новокрестьян отразила их экзистенциальные интенции по осмыслению бытия и инобытия. На основе усвоенных философом Соловьева, используя традиционные образы и символы русского фольклора, поэты-новокрестьяне создают собственный авторский миф. Именно таким предстаёт он в поэзии Н. Клюева («Избяной космос», «Белая Индия» и др.), С. Есенина («Берёзовая Русь», «Синяя Русь»). Отметим, что традиционные образы природы в народной и классической русской поэзии Соловьевым объяснены с позиций всеединства в целом ряде статей. О символике стихий природы (небо, солнечный и лунный свет, вода) идёт речь в его статье «Красота в природе» [7].

В этом отношении примечательно, что поэты отталкиваются не только от символа или образа, они создают миф. Символ сам по себе ещё не является ни образом (метафорой), ни мифом. А. Ф. Лосев в «Диалектике мифа» обратил внимание на сущностные признаки мифа и указал, что миф не просто символ или метафора (поэтический образ). Лосев вводит в определение мифа две важные составляющие: имя (личность) и повествование (история). Лосевское определение понятия принимает следующую форму: «миф есть в словах данная чудесная личностная история» [8, с. 169]. В более поздних публикациях Лосев детализирует определение мифа: «...в мифе мы находим субстанциональное (или, попросту говоря, буквальное) тождество образа вещи и самой вещи, в то время как другие структурно-семантические категории говорят только о том или другом отражении вещей в их образах» [9, с. 168]. Таким образом, согласно Лосеву, идейная образность в мифе субстанционально воплощена в самих вещах и от них неотделима. Всякий миф выступает символом, но не всякий символ может быть мифом.

Результаты исследований. Сергей Клычков родился и вырос в глубоко религиозной старообрядческой семье. И староверческая религиозность нашла отражение как в стихах поэта, так и в его жизни. Об этом свидетельствует факт крещения своего сына Георгия в 1932 году (крёстным отцом ребёнка стал другой поэт-новокрестьянин Николай Клюев). Здесь примечательно, что сам Николай Клюев в своей поэзии не раз использует литературную маску в качестве приёма, чтобы показать лирического героя то старообрядцем из Олонецкой глуши, то хлыстом, то последователем скопческой ереси. Подобной игры в стихотворениях Клычкова нет. Лирический герой Клычкова отражает целостность мировоззрения поэта.

Уже в одном из ранних стихотворений поэт обращается к образу иконы Богородицы Троеручицы – одной из почитаемых на Руси. В стихотворении «Образ Троеручицы...» (1910-е годы) мы находим все основные символы Вечной Жены (Софии): сам образ находится в «горнице небесной», он «В светлой ризе лучится // Силою чудесной», а три руки Богоматери «В синий шелк одеты...» [10, с. 36]. Символы Софии в этом стихотворении будто списаны рукой усердного ученика с

образцов учителя, они повторяют знаки, написанные (сотворённые) другими мастерами. Поэтому, возможно, неубедительно звучат в стихотворении авторские интерпретации трёх рук Софии-Троеручицы, указывающие на три пути: первый путь (в начале) указывает к морю синему и ведёт «к веселию»; второй путь – в лес, в «келию» скита и ведёт к печали; третий путь «нехоженный», «Кем куда проложенный, // То никто не знает» [10, с. 36]. Е. В. Локтевич предположила, что в стихотворении речь идёт о язычестве (первый путь), христианстве (второй путь) и неохристианстве (третий путь) [5, с. 84]. Предположение исследовательницы о путях язычества и христианства кажется убедительным, но третий путь связывать с неохристианством нет, как нам кажется, никаких оснований. В стихотворении идёт речь о пути «нехоженном», на который стоит только взглянуть – как он растает, кем и куда он проложен – никто не знает.

В связи с этим уместнее допустить иную трактовку: речь в стихотворении идёт не о язычестве или христианстве, а об этапах духовного становления человека. Первый путь (начало жизни человека) связан с простором, ведёт к «морю синему», выступающему символом беспредельности, согласно В. С. Соловьеву, выражающим «неутолимую тоску частного бытия, отделённого от абсолютного единства» [7, с. 33]. По Соловьеву, море становится образом мятежной жизни, что соответствует начальному этапу жизни человека – юности, молодости. Второй путь связан с затерянным в лесу скитом и ведёт к печали. Этот путь символизирует зрелость и старость человека, пережившего мятежную молодость, «веселие», на закате жизни ему в удел достаются мысли об уходе от мира в покой скита. Это путь размышлений о прожитом и пережитом, «печали». Третий путь поэт однозначно определяет как «нехоженный», на него и взглянуть нельзя – он «растает», кем он создан, куда ведёт – никто не знает. Третий путь – путь не для человеческой плоти, а для человеческого духа и его суждено познать человеку только после смерти.

Уже одно из ранних стихотворений Клычкова говорит о том, что автор обращается к языку символов символизма, а также о стремлении выразить в стихах развёрнутую картину из сокрытых за символами смыслов. При этом Клычков обращается к образам христианства, что соответствует духу соловьевства.

В целом ряде ранних стихотворений Клычкова используется ещё один образ символизма, напрямую связанный с Софией-Премудростью Божьей. Так, в стихотворениях «У деревни вдоль тропинок...» (1910-е гг.), «Предутрие» (1910-е гг.), «Рыбачка» (1910-1911), «Садко» (1911-1914), «Песенка о счастье» (1913, 1922), «Девятый вал» (1913) поэт упоминает жемчуг. Жемчуг – один из наиболее упоминаемых самоцветов в русском фольклоре – имеет глубинную народную символику. С одной стороны, он символизирует слёзы (несчастье или радость). С другой – жемчуг выступает символом девичества, «девичьей доли», в народных песнях он символизирует свадьбу, переход из статуса невесты в статус жены. В русском символизме жемчуг становится атрибутом Вечной Жены – Софии.

В названных выше стихотворениях жемчуг всегда выступает атрибутом прекрасной девушки. В «Девятом

вале» жемчуг сокрыт под волною, именно там на дне спит царевна, недостижимая, но любимая лирическим героем стихотворения. Не раз в стихотворении упоминаются и цветковые маркеры Софии – синие очи царевны, голубая пелена прибои. В «Песенке о счастье» жемчуга горят на груди «подруги» лирического героя-певца, играющего для возлюбленной на гуслях. Но при этом сам облик «подруги» указывает на её неземную сущность: «У моей подруги на очах лучи, // На плечах – узоры голубой парчи... // У моей подруги облака – наряд, // На груди подружки жемчуга горят...» [10, с. 58]. Клычков указывает на счастье лирического героя («Счастлив я и в горе...») только от того, что ему доступна возможность посмотреть в «тайный сад». В «Садко» лирический герой выпрашивает у подводной царевны жемчужину, сокрытую в глубинах: «За волной-могилой // Свет таится милый, // И в лучах иной зари // Жемчуга и янтари...» [10, с. 51]. Здесь жемчужина из глубин, передаваемая царевной Садко, может быть интерпретирована как приобщение к тайнам инобытия.

В ранней лирике Клыčkова не раз упоминается «Потаенный сад» (так называется второй сборник стихотворений поэта). О символике этого образа не раз писали исследователи. С. А. Щербаков отмечает, что «тайный сад» может означать песенное начало собственного творчества [3]. Этот «тайный сад» бесплотен, призрачен, невидим остальным, он одновременно и убежище героя, и его сокровенная тайна. Не зря в стихотворении «Предутрие» сад назван «голубым» – указание на связь с Софией. Мы уже показали, что в стихотворении «Песенка о счастье» этот «тайный сад» выступает обителью Софии («подружки») и лирический герой счастлив не от того, что находится в этом ирреальном саду, а от того, что смотрит на него.

Стихотворение «Была над рекою долина...» (1912, 1918) привлекает внимание конструированием мифа вокруг собственного рождения. Поэт, основываясь на семейном предании, мифологизирует своё появление на свет [11]. Рождение поэта в «дремучем лесу» приводит к его духовному единению с силами природы. Это не заурядный бытийный акт, это таинство приобщения к всеединому. Безусловно, в памяти человека не могут сохраниться первые минуты его жизни. Но мифопоэтическая картина мира отстраняется, абстрагируется от реальности, она заменяет реальность. Потому младенец, рождённый в лесу, смог увидеть то, что недоступно другим: «Мне виделась в чаще хоромы, // Мелькали в заре терема, // И гул отдалённого грома // Меня провожал до дома» [10, с. 56].

Нужно отметить, что это стихотворение Клыčkова имеет явную перекличку с одним из ранних стихотворений С. Есенина «Матушка в Купальницу по лесу ходила...» из сборника «Радуница» (1916). Оба стихотворения воспроизводят один миф – рождение наделённого волшебной силой слова (логоса) певца в лесу. Стихотворения датированы 1912 годом (у Клыčkова – первая редакция, публикация в «Современном мире», №8 за 1912 год). Подобные совпадения нам кажутся не случайными. Вероятно, Есенин по-своему воспроизвёл миф о рождении певца в лесу после прочтения этого стихотворения Клыčkова.

Однако не только в ранних стихотворениях Сергея Клыčkова мы находим обращение к философам

соловьёвства. В лирике 1920-30-х гг. Клычков продолжает обращаться к идеям Соловьёва. Лирика поэта меняется, в ней исчезают повторения «высоких образов» символизма, поэтика наполняется трагизмом времени Гражданской войны. Но вместе с тем поэт демонстрирует верность идеалам христианской морали. Соловьёвские философемы в стихах Клыčkова звучат с ещё больше убедительностью и эмоциональным накалом. В стихотворении «Среди людей мне страшно жить...» (1922) поэт использует мифопоэтические средства для изображения гибели мира: «Легла на землю тень от плахи» [10, с. 96]. Лирический герой Клыčkова иронизирует сам над собой, задавая вопросы о том, слышит ли он щебетание птиц или шум бора. Конечно, в мире, накрытом «тенью плахи», не до звуков безмятежности, здесь нет всеединого, нет таинств «тайного леса» Софии. Поэт пишет: «На всех, на всём я чую кровь, // В крови уста, цветы, ресницы. // О, где ты, мать людей – Любовь? // Иль детям о тебе лишь снится?» [10, с. 96]. Тут обращение к «матери людей» Любви ничем не завуалировано, это та самая Любовь-София. В этом портрете нет «жемчуга» инобытийных истин, из глаз не струится свет, мрак и кровь залили её «лазурные» одежды. Поэт молит Любовь-Софию: «Спаси, помилуй, пожалей // И не для казни и расплаты // Сойди и свет среди полей // Пролей на пажити и хаты» [10, с. 96]. Указание на «казнь» вовсе не случайно, отражает личный опыт поэта, которого едва не расстреляли махновцы в Крыму 1921 года. Несмотря на эсхатологический характер всего стихотворения, лирический герой продолжает верить и молить Софию о спасении родной земли. И спасение Родины поэт связывает только с Софией: «И лишь улыбка чистых уст // Плывёт спасительным ковчегом» [10, с. 96].

Реальность советской России поэт воспринимает как конец мира, гибель «бирюзового века». Но и в этом погребальном омуте лирический герой Сергея Клыčkова сохраняет веру в Бога, продолжает чаять спасение от приобщения истинам Софии. Такова символика стихотворения «В слезах ненужных и невзгодах...» (1922), в котором лирический герой пытается укрыться от «дикой ненавистной злобы» окружающего мира в «голубую сень» (голубой – цвет Софии), где от креста (символ жертвы Спасителя) «синеет тень». Спасение своё лирический герой видит в наступлении преображённого нового дня: «Чтобы уста, как птицы, пели // О светлой радости земли, // Чтоб два крыла мои цвели, // Что лишь незримо шелестели, // В дорожной волочась пыли...» [10, с. 97].

Образ «незримых крыльев», «сокровища за спиной» в 1920-30-е гг. не раз появляется в стихотворениях Клыčkова, становясь одним из центральных в мифопоэтике зрелого периода творчества поэта. В стихотворениях Клыčkова происходит смешение реального и ирреального, бытийного и инобытийного, видимого и кажущегося. В этом смешении проявляется теургический принцип: своим воображением через искусство слова поэт пытается изменить реальный мир.

В стихотворении «Я от окна бреду с клокою...» (1922) лирический герой предстаёт нищим странником, идущим к некому «запорошённой окну», его нищенская сума тяжела как «крест голгофный». Это символ неслучайности этой доли, это указание на осознанный

выбор, ведь Иисус мог отказаться от распятия, мог избежать казни, но выбрал путь искупления грехов всего человечества. В стихотворении опять упоминаются два «незримых» крыла, указывающих на инобытийную сущность нищего. При этом лирический герой лишь «до срока меж людей» идёт как «меж могильных плит» (указание на отказавшихся от спасения души). Сам же нищий хранит в суме «Свирель с лучом рассветным», которая в «светлый час» просветления позволяет нищему предстать преображенным: «Лечу я заревою птицей // С свирелью, обращенной в клюв...» [10, с. 99]. Свирель выступает здесь символом преображения души, стремящейся к гармонии Истины, Добра и Красоты.

Подобная символика («человеческие гробницы») есть в стихотворении «Иду в поля за Божьей данью...» (1922). Здесь за плечами лирического героя не сума, а узелок, от которого исходит «неизъяснимый свет», указывающий на сокровенное знание, которое он хранит и несет людям, таким же, как он сам – не впадшим в отчаяние. О заплочном узелке сокровенного знания поэт пишет в стихотворении «Мне говорила мать, что в розовой сорочке...» (1922), отмечая, что в этом узелке «не обман», а «чудесный талисман», спасающий от всех невзгод и, судя по всему, речь идёт о символе гармонии – Истины, Добра и Красоты, олицетворённым в виде свирели: «И счастливы я отдам всё за единый звук, – // Люблю я трепетное, светлое сплетенье // Незримых и неуловимых рук...» [10, с. 94].

Скрытую символику образа «незримых крыльев» помогает понять стихотворение «Земля и небо, плоть и дух...» (1923, 1927): «Одной душе даны, как птице, крылья, // Чтоб в смертный час вспорхнуть и улечь...» [10, с. 107]. Таким образом, «незримые крылья» можно понять как символ души, отлетающей в иномирье по дороге, которая бежит «из сини в синь». И здесь нетрудно вспомнить о раннем стихотворении Клычкова «Образ Троеручицы...», в котором поэт пишет о третьем пути «нехоженном», предназначенным не для плоти, а для духа.

К символике утраты путей, духовных ориентиров, бытийных смыслов (Истины, Добра, Красоты) обращено стихотворение поэта «Мы отошли с путей природы...» (1925, 1930). Здесь Клычков признаёт потерю обществом (человечеством) «путей природы», замену этих путей «железной дорогой» прогресса, ведущей в неизвестность без цели и смысла: «И нет ни троп уж, ни дорог, // Где человек бы встретил Бога // И человека Бог!» [10, с. 118]. На пути технического прогресса стали послушней «Вода, и воздух, и огонь», однако на этом пути исчез не только Бог, но и сам человек, растворившийся в покорённых научной мыслью стихиях. Лишенный софийных истин мир «кует запоры», в то время, когда людям нужны «ключи», открывающие тайны мира. Сокровенный мир гармонии (Истины, Добра и Красоты) сокрыт от человека, ослепленного техническим прогрессом, неким «синим пологом»: «Закинут плотно синий полог, // И мы, мешая явь и бред, // Следим в видениях тяжелых // Одни хвосты комет!» [10, с. 118].

Чудо гармонии слова (логоса) и сокрытых бессловесных истин не раз вплетается в мифопоэтику Клычкова, становясь одним из смыслообразующих центров его поэзии 1920-30-х гг. Поэт признаёт в стихотворении «Лежит заря, как опоясок...» (1928-1929)

бессилие человеческих слов отразить гармонию всеединства природы, при этом он склоняется ниц «Пред ликом вечного сияния, // Пред хором бессловесных птиц...» [10, с. 139]. Бессловесные птицы, как и сияние света (Соловьев в «Красоте в природе» связывал солнечный и лунный свет с гармонией) наделены смыслом, невыразимым в словах, они отражают триединство гармонии. Человеческим словам недоступно выражение этих истин, подобную мысль поэт высказывает в стихотворении «О, если бы вы знали слово...» (1929). Это слово «от вышины и глубины» (т.е. неба) остаётся за гранью понимания, но Клычков признаёт то, что оно существует.

В стихотворении «От поля с мягкой травой...» (1929, 1935) поэт, однако, признаёт доступность человеку этих слов, которые пробуждаются в душе героя из-за «ляющейся синевы» (указание на связь с Софией). Слово Истины дарует человеку полноту бытия, как об этом говорится в стихотворении «Пока из слов не пышет пламя...» (1929), без этого слова «не веселит тогда веселье», но если обрести это слово «В бессловной сердца тишине», то всё меняется и мир предстаёт полным красок: «Так радостно подумать мне, // Что этот мир пошел от слова...» [10, с. 165].

Слово как выразитель Истины, Добра и Красоты выступает одной из центральных мифологем Клычкова. И «дар ясной речи» поэт противопоставляет миру неправды, лжи, неистины. Не зря обретение истинного слова лирический герой Клычкова переживает как обретение крыльев: «Я вижу вдруг, как крылья // Растут, растут, растут!» [10, с. 177]. Это не только символ вдохновения, но и мифопоэтический образ «незримых крыльев» души. Само же «проясненное слово» выступает в роли зерен – пищи тем, кто ищет истину.

Именно слово истины противопоставляет лирический герой Клычкова смерти в стихотворении «В поле холодно и сыро...» (1930-1931). Смерть, выступающая олицетворением инферальных потусторонних сил, множит «тени», кружит и насыщает их на мир людей ветром «с иного рубежа». Именно этим теням лирический герой противопоставляет «заповедные слова». Лирического героя не заботит страх смерти как ухода в небытие, его пугают сами тени, способные погасить свет вокруг. «Заповедные слова» будто «золотые пики строк» спасают душу героя, чтобы она встретила «смехом // Напоённый солнцем день» [10, с. 203].

Впрочем, действительность, порою, вводит лирического героя в отчаяние, лишает его света истин Софии. В стихотворении «Не мечтай о светлом чуде...» (1930-1931) Клычков пишет как раз о таком моменте, когда «ночь пришла» и «погаснул свет». Погаснувший свет приводит к исчезновению мира, его сокрытию от лирического героя. Павший духом в этот «темный, страшный час» лирический герой озлобляется – он предстаёт человеком с дубиной у порога своего жилища и как бы противопоставлен неизвестной, стоящей в глубине комнаты «с лампадой голубой» (голубой – символ Софии). Языком мифопоэтических образов поэт показывает, во что превращается человек («то ли люди, то ли бесы»), отрешенный от истин Софии.

Выводы. Таким образом, обращение к поэтическим текстам С. А. Клычкова позволяет выделить в мифопоэтике поэта философию соловьевства. Поэт на

протяжении всех лет своего творчества обращался к философам В.С. Соловьева. В основу творчества поэта был положен принцип теургии. В мифопоэтике раннего периода Клычкова наиболее часто используется философема Софии, приобщающей лирического героя к гармонии всеединства (Истина, Добро, Красота). В зрелом творчестве поэт продолжает обращаться к философеме Софии, но перестаёт при её описании использовать сказочно-мифологические черты (Дубравна, царевна), заменяя их символами (различные оттенки голубого и синего, бирюза). В 1920-30-е гг. усиливается эсхатологическая тональность лирики поэта. Особое место в мифопоэтике в этот период получают метафоры «заповедных слов» и «незримых крыльев», опосредованно связанных с софийной истиной и душой человека.

Литература

1. Демиденко Е. А. Метафора «Потаенного сада» в ранней лирике С. Клычкова // Вестник РУДН, серия Литературоведение. Журналистика. – 2012. – № 1. – С. 15-21.
2. Демиденко Е. А. Лирический герой в поэзии С.А. Клычкова: эволюция, художественная специфика: Автореферат дисс. на соискание ученой степени кандидата филологических наук. – М., 2013. – 22 с.
3. Щербаков С.А. Мотив сада в творчестве Сергея Клычкова // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2007. – № 1. – С. 172-174.
4. Щербаков С.А. Образ леса-дома в лирике Сергея Клычкова // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2012. – № 2. – С. 215-221.
5. Локтевич Е. В. О сущности феномена идейно-субъектной пограничности в русской лирике начала XX века (на материале поэзии А. Блока, С. Городецкого, С. Клычкова) // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Лингвистика». – 2015. – Т. 12, № 3. – С. 78-84.
6. Соловьев В. С. Три речи в память Достоевского / В. С. Соловьев. Сочинения в двух томах, т. 2. – М.: Мысль, 1988. – С.290-323.
7. Соловьев В. С. Красота в природе / В. Соловьев. Смысл любви. – М.: РИПОЛ классик, 2022. – С. 5-71.
8. Лосев А. Ф. Диалектика мифа / А. Ф. Лосев. Философия. Мифология. Культура. – М.: Политиздат, 1991. – С. 22-186.
9. Лосев А. Ф. Проблема символа и реалистическое искусство. – М.: Искусство, 1976. – 368 с.
10. Клычков С. А. «Я прожил жизнь свою, колдуя...»: Избранные сочинения. – М.: Водолей, 2016. – 848 с.
11. Солнцева Н. М. «...Свести начала и концы...»: О Сергее Антоновиче Клычкове / С. А. Клычков. «Я прожил жизнь свою, колдуя...»: Избранные сочинения. – М.: Водолей, 2016. – С. 5-30.

Chernov A.A.

V.S. SOLOVYOV 'S PHILOSOPHEMES IN SERGEY KLYCHKOV 'S MYTHOPOETICS

The article analyzes the poetic texts of the Russian poet, a representative of the Novokrestyan trend in the Silver Age poetry. The genetic connection between the images of S. A. Klychkov's mythopoetics and V. S. Solovyov's religious and philosophical ideas is demonstrated. The philosophemes of theurgy, unitotality, and Sophia are used by the poet. Theurgy is one of the key principles of Klychkov's mythopoetics construction. The evolution of images associated with these philosophemes at different periods of his works is researched.

In the mythopoetics of Klychkov's early period, the philosophy of Sophia is most often used, introducing the lyrical hero to the harmony of unity (Truth, Goodness, Beauty). Later the poet continues to turn to Sofia, but ceases to use fabulous mythological features when describing her, replacing them with symbols. In the 1920s and 30s, the eschatological tonality of the poet's lyrics intensified.

Keywords: Sergey Klychkov, philosopheme, theurgy, myth, Sofia, Novokrestyan poetry, mythopoetics.

Чернов Андрей Алексеевич, аспирант кафедры философии ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный аграрный университет», г. Луганск.

E-mail: anruss@mail.ru.

Chernov Andrey Alekseevich, postgraduate student of the Department of Philosophy of the State Educational Institution of the LPR "Lugansk State Agrarian University", Lugansk.

Рецензент: Ротенфельд Юрий Александрович, доктор философских наук, профессор кафедры философии ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный аграрный университет».

Статья подана 25.12. 2022г.

УДК 342.26

ПРОБЛЕМЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПОДХОДОВ К ФИНАНСИРОВАНИЮ АДМИНИСТРАТИВНО-ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ ЕДИНИЦ

Шаповалова С.М.

PROBLEMS OF IMPROVING APPROACHES TO FINANCING ADMINISTRATIVE-TERRITORIAL UNITS

Shapovalova S.M.

Исследованы проблемы совершенствования подходов к финансированию административно-территориальных единиц. Предлагается использование правила государственного управления с большим приоритетом по сравнению с адаптацией к рыночным механизмам. Также предлагается уделить внимание усилению солидарности, низкий уровень которой приводит к социально-экономическим деструкторам; синхронизировать функциональные и институциональные государственные задачи с возможностями экономико-географических границ некоторых территорий.

Ключевые слова: финансирование, бюджет, административно-территориальная единица, государственная поддержка солидарности, синхронизация, адаптация, информационное обеспечение.

Введение. Совершенствование финансирования административно-территориальных единиц наверное никогда не получит статуса окончательно решенной задачи. Эту задачу невозможно решить раз и навсегда, поскольку человечество постоянно саморазвивается и осуществляет поиск путей совершенствования любой сферы своей общественно-экономической жизни. Более того, задачам совершенствования финансирования административно-территориальных единицы, которые находятся в процессе постоянного обновления, присущи признаки глобальных процессов. Действительно, для любой страны, каждая из которых наделена присущими только для нее особенностями административно-территориальных устройств, а также спецификой насыщения экономико-географических единиц теми или иными ресурсами (при совпадении или несовпадении границ одних и других), на каждый момент времени характерны новые проблемы. В сопряжении с поставленными перед ними государственными задачами, которые по весьма объективным и субъективным причинам могут не только не совпадать, но и вступать с ними в некоторые ситуативные конфликты, их решение будет всегда актуально.

В управлении финансированием административно-территориальных единиц учувствуют не только представители местной или региональной власти, но и действующие субъекты (индивидуумы и / или коллективы), социальные группы, организации, совершая при этом действия, направленные на других.

Представители административно-территориальных единиц (в лице местной или региональной власти, а также действующих субъектов (индивидуумов и коллективов), социальных групп и организаций) объективно движимы неоднозначными мотивами, ожиданиями, эмоциональными переживаниями, связанными с неопределённостью последствий совместных преобразований, а также неогovorенно-латентными персональными и общественными смыслами. Это непрерывная, порой деструктивная цепь социально-экономических отношений между субъектами, которых связывают формирование, распределение и использование денежных средств (финансовых ресурсов) с целью обеспечения потребностей административно-территориальных единиц. Поэтому **цель этой работы** в максимальной степени отразить способы нивелирования деструктивных факторов финансирования административно-территориальных единиц, которые обеспечивают прогресс данного процесса в информационном, идеологическом, а также материальном контексте.

Изложение основного материала.

Административно-территориальным единицам надлежит должным образом осуществлять прогресс в обеспечении сбалансированных бюджетов, в которых не только совпадают размеры доходов и расходов, но и создаются условия для удовлетворения постоянно возрастающего спроса населения вследствие объективно существующему закону постоянного развития. Это связано также с тем, что в иерархии потребностей каждого отдельно взятого индивида их удовлетворение на наивысшем уровне может осуществляться в основном благодаря совокупности существующих социальных благ, к которым есть широкий доступ. Речь о том, что процесс самореализации личности – это явление общественное. Поэтому потребность в росте благосостояния административно-территориальной единицы входит в круг интересов не только местной или региональной власти, действующих субъектов – индивидуумов и социальных групп, но и государства в целом.

Государство как главный геополитический и социально-экономический участник макро- и микроэкономических преобразований, независимо от

его административно-территориального устройства, призвано решать задачу финансирования каждой его единицы (независимо от степени локализации административного воздействия), всегда сталкивается с определенными трудностями. Ведь ни для кого не секрет, что гармоничное развитие каждой административно-территориальной единицы вне

зависимости от совпадения / несовпадения границ возможностей и потребностей, национальных, географических и экономических признаков – всегда как насущная, так и приоритетная задача действующей власти, оголяющая скрытые объективные структуры (рис. 1).

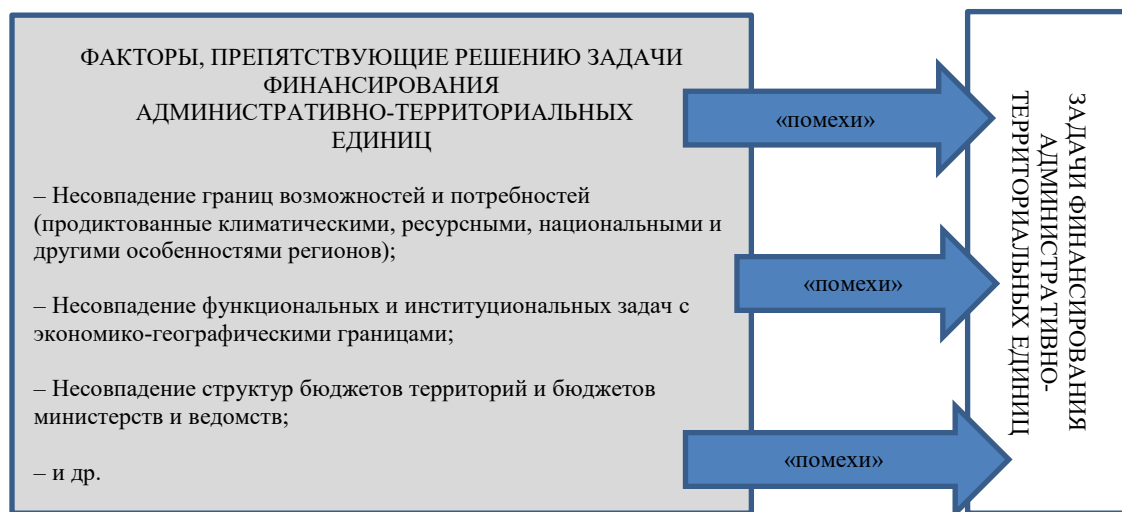


Рис. 1. Факторы, препятствующие решению задач финансирования административно-территориальных единиц (*Составлено автором)

Финансирование административно-территориальных единиц направлено на осуществление целого спектра мероприятий, связанных с социально-культурным и коммунально-бытовым обслуживанием населения, так как через территориальные финансы государство проводит не только региональную, отраслевую, промышленную, аграрную, социальную политику, преодолевая структурные препятствия.

На основе предоставления территориальным органам власти средств для их бюджетов осуществляется финансирование образования, здравоохранения, строительства и содержания дорог. Однако не всегда с помощью бюджетных трансфертов можно нивелировать потребности региональных или местных бюджетов.

Как правило, финансирование дегенерирующих процессов может вызвать не только диспропорции в денежных потоках вследствие перенаправления из региональных бюджетов в местные, но и сложно-прогнозируемые протестные настроения в социуме, пусть и не всегда проявляемые в публичной плоскости. Ведь ни для кого не секрет, что в некоторых административно-территориальных единицах разграничение доходных источников между региональным и местными бюджетами произведено таким образом, что они в существенном большинстве оказываются дотационными. В этой связи существует необходимость усиления общественной солидарности, которая обусловлена потребностью противостояния миграции, а также информационным войнам, когда люди с различными национально-культурными

идентичностями вынуждены находиться в коммуникации.

Низкий уровень солидарности всегда чреват социально-экономическими деструкторами.

Несоответствие функциональных и институциональных задач с экономико-географическими границами может приводить к таким негативным последствиям, как «заброшенность и неухоженность» некоторых территорий. Несоответствие структур бюджетов территорий и бюджетов министерств и ведомств (рис. 2) приводит к необходимости преодоления как бюрократических препятствий, так и роста транзакционных затрат, к которым прибегают участники агентских отношений в поисках способов решения задач финансирования административно-территориальных единиц.

Взаимодействие системы бюджетов и системы территориального устройства в некоторых случаях в силу вышеперечисленных социально-экономических процессов вызывает так называемые «помехи». В действительности это сложные гетерогенные системы (состоящие из весьма неоднородных элементов), каждая из которых имеет пусть и не противоположные, но все-же свои цели.

Бюджетный кодекс [1] определил бюджетную систему как совокупность федерального бюджета, бюджетов субъектов, местных бюджетов и бюджетов государственных внебюджетных фондов, основанную на экономических отношениях и государственном устройстве и регулирующуюся нормами права. При этом в ст. 10 четко определены уровни и внутренняя структура бюджетной системы.



Рис. 2. Влияние функциональной структуры бюджетов на бюджеты административно-территориальных единиц (*Составлено автором)

Бюджетный кодекс дает такую трактовку бюджетной системы РФ, которая не предусматривает в ней институциональных игроков и выполнение различных функций, включая в нее не только уровни и виды бюджетов, но и бюджеты государственных внебюджетных фондов. В этом случае видится более целесообразным придерживаться такого понимания уровней и видов бюджетов, которое подразумевает использование термина – «система бюджетов».

Институциональные (функциональные) и территориальные единицы являются участниками бюджетного процесса, который в законодательстве рассматривается как деятельность государственных органов власти, органов местного самоуправления и иных участников по составлению и рассмотрению проектов бюджетов, их утверждению и исполнению, контролю за их исполнением, осуществлению бюджетного учета, внешней проверке, рассмотрению и утверждению бюджетной отчетности, что весьма важно иметь в виду при нивелировании деструктивных факторов финансирования административно-территориальных единиц.

Для нивелирования деструктивных факторов в разрешении проблем совершенствования финансирования административно-территориальных единиц важно иметь в виду, что причиной несбалансированности и неустойчивости бюджетов административно-территориальных единиц может быть делегирование им некоторых государственных

полномочий, которые финансируются крайне неудовлетворительно или вовсе не финансируемых.

Результаты исследований. Представители административно-территориальных единиц (в лице местной или региональной власти, а также действующих субъектов (индивидуумов и коллективов), социальных групп и организаций) объективно движимы неоднозначными мотивами, ожиданиями, эмоциональными переживаниями, связанными с неопределённостью последствий совместных преобразований, а также неоговоренно-латентными персональными и общественными смыслами, заинтересованы в эффективном использовании своих финансовых ресурсов, в разумном увеличении доходов бюджета и эффективном расходовании бюджетных средств. Поэтому целеполагание совершенствования финансирования административно-территориальной единицы логически вытекает из общей задачи обеспечения необходимыми средствами исполнения им собственных полномочий, а также ее комплексного и устойчивого социально-экономического развития с учетом исполнения государственных задач, возложенных в установленном порядке.

Цели и основные инструменты совершенствования финансирования административно-территориальных единиц представлены на рис. 3.

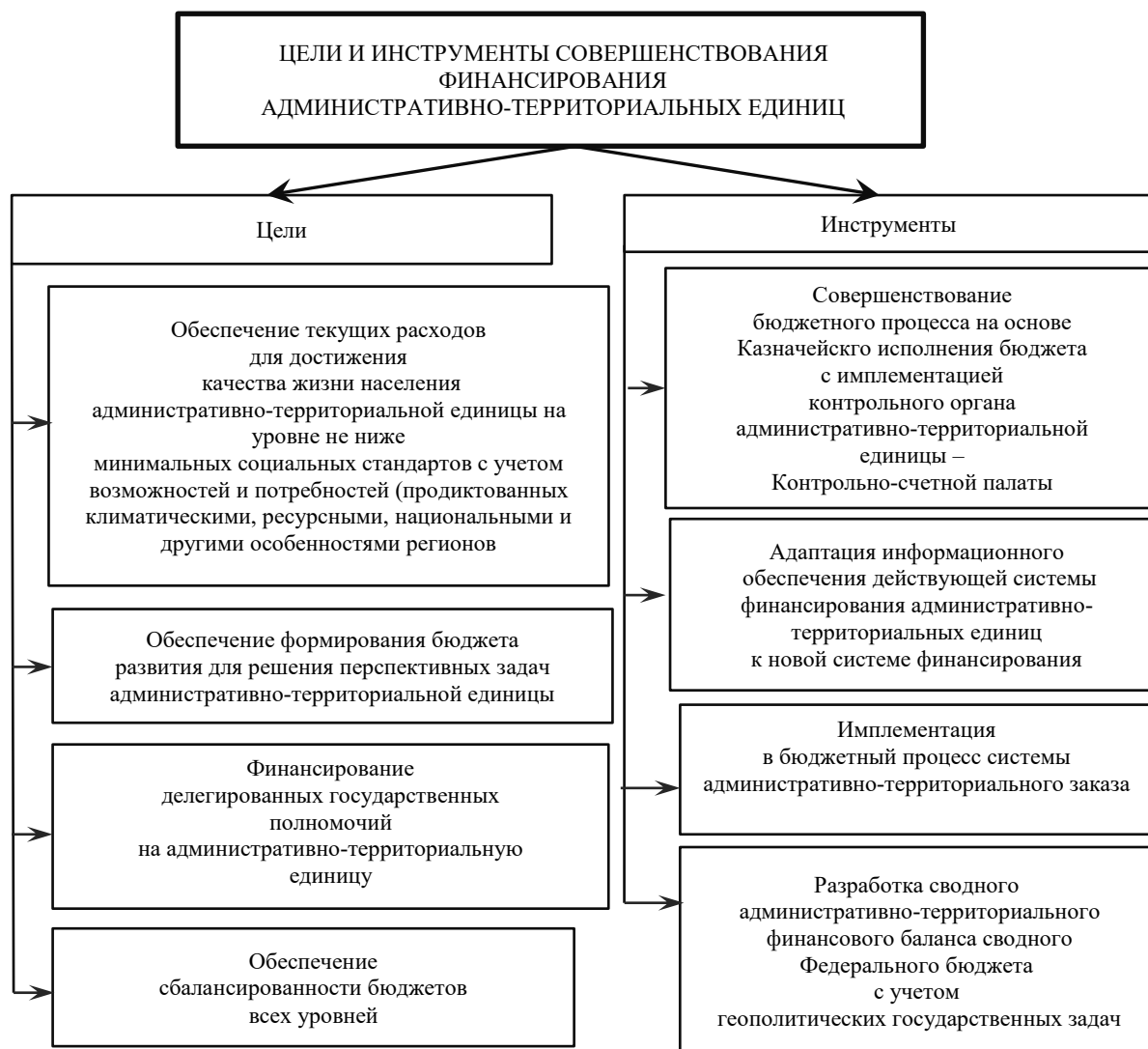


Рис. 3. Цели и инструменты совершенствования финансирования административно-территориальных единиц
(*Составлено автором)

Цели отражают обычно желаемое состояние, в которое должна перейти система финансирования административно-территориальных единиц из заданного состояния через определенный период времени после решения ряда проблем, отделяющих заданную ситуацию к желаемой. Поэтому уже на стадии постановки цели создается обобщенная модель будущего, а завершается построение модели – рассмотрением альтернативных вариантов и выбором окончательного решения.

В преодолении проблем совершенствования финансирования территориально-административных единиц необходимо будет не только имплементировать Контрольно-счетную палату в бюджетный процесс, но и адаптировать информационное обеспечение действующей системы к новой системе финансирования административно-территориальной единиц посредством перехода с КЭКРов на КОСГУ.

Выводы. Таким образом, из вышеизложенного следует, что новая система финансирования административно-территориальных единиц, которая

построена на принципах институционализма, это как минимум – гетерогенная система и как максимум – совокупность двух достаточно сложных подсистем. Поэтому задача ее совершенствования, опираясь на экономическую науку, должна учитывать весь комплекс условий и факторов, влияющих на хозяйственную жизнь (правовых, экономических, социальных, информационных, политических).

Признавая эволюционное развитие единственно возможной формой экономического и социального прогресса, следует иметь в виду то, что государственное вмешательство в экономику неизбежно и нормально, а правила государственного управления оказывают не меньшее влияние на экономику, чем рыночный механизм. Поэтому в дальнейшем необходимо синхронизировать функциональные и институциональные государственные задачи с экономико-географическими границами возможностей административно-территориальных единиц, а также обеспечить методическим

инструментарием информационное обеспечение действующей системы к новой системе финансирования административно-территориальных единиц.

Л и т е р а т у р а

1. "Бюджетный кодекс Российской Федерации" от 31.07.1998 N 145-ФЗ (ред. от 04.11.2022) [Электронный ресурс]. –

Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19702/https://glava.lnr.info/dokumenty/zakony.

2. Закон «Об основах бюджетного устройства и бюджетного процесса в Луганской Народной Республике» от 25 декабря 2020 г.: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://glava.lnr.info/dokumenty/zakony>

3. Приказ Министерства Финансов ЛНР «Об утверждении Порядка формирования и применения кодов бюджетной классификации Луганской Народной Республики, их структуры и принципов назначения» от «01» июня 2021 г. № 59 (Зарегистрированного в Министерстве юстиции ЛНР 01.06.2021 за № 247/3908): [Электронный ресурс]. – Режим доступа: на <https://sovminlnr.ru/aktyispolnitelnyh-organov/ministerstvo-finansov/page/10/>.

Shapovalova S.M.

PROBLEMS OF IMPROVING APPROACHES TO FINANCING ADMINISTRATIVE-TERRITORIAL UNITS

The problems of improving approaches to financing administrative-territorial units are investigated. It is proposed to use the rule of public administration with a high priority compared to adaptation to market mechanisms. It is also proposed to pay attention to strengthening solidarity, the low level of which leads to socio-economic destructors; to synchronize functional and institutional state tasks with the possibilities of the economic and geographical boundaries of some territories.

Key words: financing, budget, administrative-territorial unit, state support of solidarity, synchronization, adaptation, information support

Шаповалова Светлана Михайловна, к.э.н. доцент кафедры «Таможенное дело» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск

E-mail: svet.shap70@mail.ru

Shapovalova Svetlana Mikhailovna, Candidate of Sciences, a dosent of the Chair "Customs", SEE HT LPR «Luhansk Vladimir Dahl State University».

Рецензент: Тисунова Виктория Николаевна, доктор экономических наук, профессор, заведующая кафедрой менеджмента и экономической безопасности ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля»,

Статья подана 25.12. 2022г.

УДК 681.515

МОДЕЛИРОВАНИЕ АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ЗВЕНА СФЕРИЧЕСКОЙ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ПАРЫ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Шульгин С.К., Синепольский Д.О.

MODELING OF AN ADAPTIVE ARTIFICIAL NEURAL NETWORK BASED POSITIONING SYSTEM FOR SPHERICAL KINEMATIC PAIR LINK

Shul'gin S.K., Sinepol'skij D.O.

Рассматриваются вопросы построения математической модели системы позиционирования звена сферической кинематической пары, движущейся относительно жестко закрепленного звена в соответствии с заданными координатами; выбора структуры и метода обучения искусственной нейронной сети для обеспечения решения обратной задачи кинематики и анализ точности позиционирования сферической кинематической пары в зависимости от структуры и объема обучающей выборки искусственной нейронной сети.

Ключевые слова: сферическая кинематическая пара, математическая модель, обратная задача кинематики, искусственная нейронная сеть, точность позиционирования.

Введение. Классический подход к построению систем управления манипуляторами заключается в построении математической модели манипулятора по его кинематической схеме [1] и решению обратной задачи кинематики вычислительными методами – например, методом Ньютона [2]. При этом предполагается, что геометрические параметры манипулятора либо известны, либо могут быть выдержаны с определенной точностью в процессе сборки и не меняются в процессе эксплуатации системы. В противном случае несоответствия математической модели физически реализованному манипулятору будут приводить к ошибкам позиционирования, в особенности если манипулятор представляет собой сочетание поступательных кинематических пар с вращательными в силу нелинейности получающихся уравнений.

Указанные выше требования выполнимы при налаженном серийном производстве системы управления, включающей манипулятор и вычислительный модуль с математическим обеспечением [3].

Помимо законченных систем управления универсальными манипуляторами [4] промышленность выпускает модульные системы, которые представляют наборы кинематических пар с приводом и датчиками обратной связи, из которых

заказчик конструирует манипулятор с необходимой ему кинематической схемой [5], учитывающей особенности решаемой задачи. При этом заказчик сталкивается с достаточно сложной задачей построения адекватной математической модели полученного манипулятора.

В связи с изложенным возникает задача разработки алгоритмических основ построения систем управления манипулятором, способным адаптироваться к конкретному экземпляру или возникающим в процессе его эксплуатации изменениям, подобно тому, как живой организм адаптируется к изменениям в процессе роста или в результате получения увечий.

Целью работы является компьютерное моделирование адаптивной системы позиционирования звена сферической кинематической пары на основе искусственной нейронной сети.

Достижение поставленной цели требует решения ряда **основных задач**:

1. Построение математической модели системы позиционирования звена сферической кинематической пары, движущейся относительно жестко закрепленного звена в соответствии с заданными координатами O, X, Y .

2. Реализация структурной схемы механизма изменения положения звеньев сферической кинематической пары относительно осей X, Y .

3. Формирование обучающей выборки координат положения звена кинематической пары в процессе его перемещения в системе координат O, X, Y относительно другого, жесткозакрепленного звена сферической кинематической пары.

4. Выбор структуры искусственной нейронной сети и ее обучение с целью обеспечения решения обратной задачи кинематики для сферической кинематической пары.

5. Анализ точности функционирования автоматической системы позиционирования сферической кинематической пары в системе

координат O, X, Y в зависимости от структуры искусственной нейронной сети и объема обучающей выборки искусственной нейронной сети.

Сферическая кинематическая пара третьего класса представляет собой трехподвижную низшую кинематическую пару с геометрическим замыканием, допускающую три независимых вращательных движения вокруг осей X, Y, Z (рис. 1).

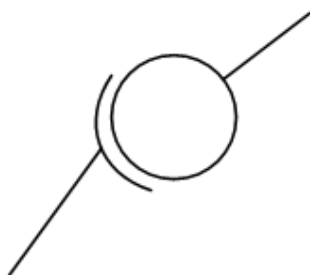


Рис. 1. Сферическая кинематическая пара

Система позиционирования, обеспечивающая перемещение свободного звена сферической кинематической пары в системе координат O, X, Y , представляет собой вращательную кинематическую пару со свободно перемещающимся в системе координат O, X, Y звеном r_3 относительно жесткозакрепленного звена (рис. 2). Перемещение свободного звена r_3 осуществляется путем изменения длины l поступательной кинематической пары пятого класса, расположенной между свободным звеном сферической кинематической пары и осью X системы координат O, X, Y . Величины r_1 и r_2 , определяющие точки позиционирования поступательной кинематической пары относительно свободного звена сферической кинематической пары и оси X системы координат O, X, Y , определяются условием реализации системы и могут быть изменены в зависимости от изменения этих условий (изменение длины звеньев кинематической пары пятого класса, изменение длины свободного звена сферической кинематической пары).

Таким образом, величины l , r_1 и r_2 образуют треугольник $\triangle ABC$, в котором определяющими точность позиционирования свободного звена сферической кинематической пары в системе координат O, X, Y будут являться значения длины l и угла $\varphi = \angle AB$ треугольника $\triangle ABC$.

Для реализации системы позиционирования свободного звена сферической кинематической пары в системе координат O, X, Y в работе была использована искусственная нейронная сеть, формирующая значения величин l , определяющих изменение длины кинематической пары пятого класса в зависимости от заданных значений

координат X, Y положения свободного звена сферической кинематической пары.

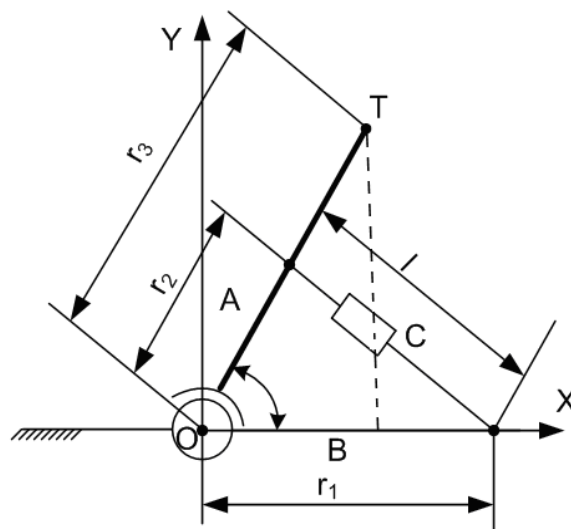


Рис. 2. Система позиционирования свободного звена сферической кинематической пары

Вопросы применения искусственных нейронных сетей для решения обратной задачи кинематики рассмотрены в работах [6,7,8]. Для обеспечения заданной точности в системе позиционирования свободного звена сферической кинематической пары была выбрана искусственная нейронная сеть с прямым распространением сигнала и обратным распространением ошибки, структура которой определяется схемой 10-1. Активационной функцией во входном слое является сигмоидная функция, а в выходном слое активационная функция представляет собой линейную функцию (рис. 3).

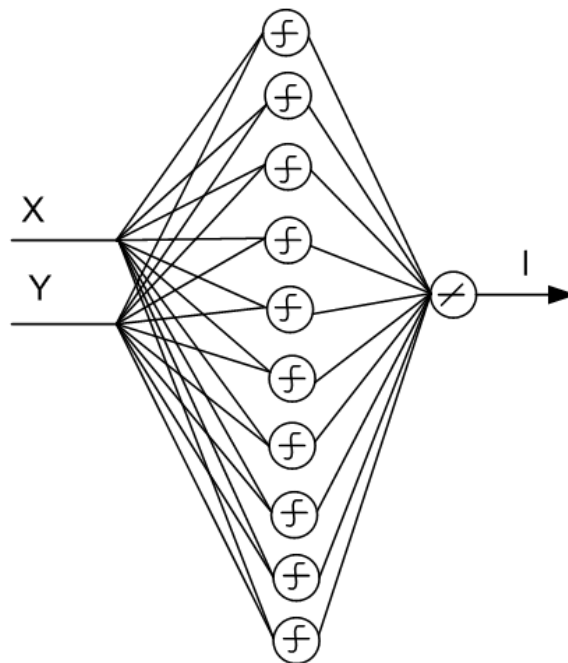


Рис. 3. Структура искусственной нейронной сети

Для обучения искусственной нейронной сети было сформировано десять выборок, представляющих собой набор обучающих пар, в которых входными значениями являются значения координат X, Y положения свободного звена сферической кинематической пары, а целевыми – значения длины кинематической пары l , определяющие значения координат X, Y положения свободного звена сферической кинематической пары. Значения элементов выборок определялись величиной угла $\varphi = \angle AB$ треугольника $\triangle ABC$, а сравнение фактического выхода обучаемой нейронной сети осуществлялось со значением l длины кинематической пары пятого класса, определяемым значением величины угла $\varphi = \angle AB$ согласно математической модели.

Для определения величины точности позиционирования были обучены десять нейронных сетей на выборках соответствующего объема. Объем выборок составил, соответственно, 10, 50, 100, 500, 1000, 5000, 10000, 15000, 20000 и 25000 элементов. Обучение нейронных сетей производилось по методу обучения «с учителем», методом обратного распространения ошибки согласно алгоритму Левенберга-Марквардта [9].

Для точки $X = 3,907, Y = 9,205$ и значении угла $\varphi = 67^\circ$ величина l^* , определяемая математической моделью системы позиционирования свободного звена сферической кинематической пары, составила $l^* = 6,1283$. В результате обучения нейронных сетей были получены следующие значения l (табл. 1).

Таблица 1

Объем выборки	Величина l
10	6,2056
50	6,1278
100	6,1283
500	6,1287
1000	6,1285
5000	6,1284
10000	6,1284
15000	6,1285
20000	6,1284
25000	6,1285

Для точки $X = 9,272, Y = 3,746$ и значении угла $\varphi = 22^\circ$ величина l^* , определяемая математической моделью системы позиционирования свободного звена сферической кинематической пары, составила $l^* = 2,3171$. В результате обучения нейронных сетей были получены следующие значения l (табл. 2).

Таблица 2

Объем выборки	Величина l
10	2,3416
50	2,3115
100	2,3173
500	2,3169
1000	2,3169
5000	2,317
10000	2,317
15000	2,3169
20000	2,317
25000	2,317

Таким образом, в первом и во втором случаях величина ошибки E между значениями величины l , сформированными обученной нейронной сетью, и значением l^* , полученным с помощью математической модели, не превышает 0,001.

Структурная схема системы позиционирования звена сферической кинематической пары в системе координат O, X, Y , в которой предварительно обученная искусственная нейронная сеть выступает в качестве регулятора, который по заданным значениям выходных координат X, Y вырабатывает управляющую величину l , определяющую длину кинематической пары пятого класса и обеспечивающую требуемые координаты положения свободного звена сферической кинематической пары в системе координат O, X, Y , представлена на рис. 4. Выходные координаты X', Y' положения свободного звена сферической кинематической пары вместе с определившей их величиной l могут быть вновь поданы для дообучения нейронной сети, обеспечивая возможность адаптации.

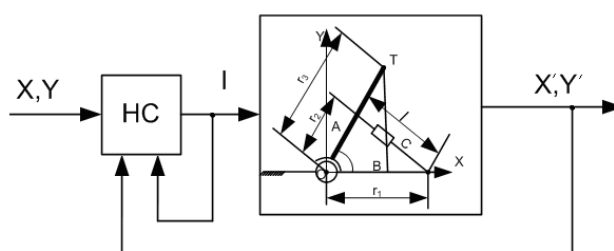


Рис. 4. Структурная схема системы позиционирования положения звена сферической кинематической пары

Выводы.

1. Двухслойная искусственная нейронная сеть с прямым распространением сигнала и обратным распространением ошибки, структура которой определяется схемой 10^{-1} с сигмоидной активационной функцией во входном слое и линейной активационной функцией в выходном, обеспечивает решение обратной задачи кинематики системы позиционирования звена сферической кинематической пары.

2. Относительная точность, обеспечиваемая искусственной нейронной сетью при решении

задачи позиционирования звена сферической кинематической пары, достигает 10^{-3} при объеме выборки размером 100 элементов.

3. Дальнейшее увеличение обучающей выборки не оказывает значительного влияния на повышение относительной точности позиционирования звена сферической кинематической пары.

Л и т е р а т у р а

1. Шахинпур, М. Курс робототехники / М. Шахинпур. – М.: Мир, 1990. – 527 с.
2. Фу, Кинсан. Робототехника / К. Фу, Р. Гонсалес, К. Ли; Перевод с англ. А. А. Сорокина и др.; Под ред. В. Г. Градецкого. – М.: Мир, 1989. – 620 с.: ил.; 22 см.;
3. "Robotics Technology and Flexible Automation 2nd Edition" S.R. Deb. McGraw Hill. New Delhi. 2010 ISBN 0-07-007791-6.
4. "Robot Modeling and Kinematics" Manseur, Rachid. DaVinci Engineering Press. Boston, MA., – 2006. ISBN 1-58450-851-5 Ch.4-5.
5. P. Moubarak, et al., Modular and Reconfigurable Mobile Robotics, Journal of Robotics and Autonomous Systems, 60 (12) (2012) 1648–1663.
6. S. Tejomurtula and S. Kak : «Inverse kinematics in robotics using neural networks» Information Sciences, Vol. 116, pp. 147–164, 1999.
7. A.V. Duka : «Neural network based inverse kinematics solution for trajectory tracking of a robotic arm» Procedia Technology, Vol. 12, pp. 20–27, 2014.
8. Y. Maeda, T. Fujiwara and H. Ito : «Robot control using high dimensional neural networks» Procs. of SICE Annual Conference 2014, pp. 738–743, 2014.
9. Гилл Ф., Мюррей У., Райт М. Практическая оптимизация = Practical optimization. — М.: Мир, 1985. — 509 с.

Shul'gin S.K., Sinepol'skij D.O.

MODELING OF AN ADAPTIVE ARTIFICIAL NEURAL NETWORK BASED POSITIONING SYSTEM FOR SPHERICAL KINEMATIC PAIR LINK

The questions of constructing a mathematical model of a positioning system for a link of a spherical kinematic pair moving relative to a rigidly fixed link in accordance with given coordinates are considered; a structure and method for training an artificial neural network to provide a solution for the inverse problem of kinematics are chosen; analyzing the positioning accuracy of a spherical kinematic pair depending on the structure and volume of the training sample of an artificial neural network is performed.

Key words: spherical kinematic pair, mathematical model, inverse kinematics problem, artificial neural network, positioning accuracy.

Шульгин Сергей Константинович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные и управляющие системы» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

E-mail: shusek@ukr.net.

Shulgin Sergey Konstantinovich, candidate of technical sciences, associate professor of the department "Information and control systems" of the SEE HT LPR «Luhansk Vladimir Dahl State University».

Синепольский Дмитрий Олегович, старший преподаватель кафедры «Информационные и управляющие системы» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

E-mail: mralienecray@gmail.com.

Sinepolsky Dmytryi Olehovych, senior Lecturer of the Department "Information and Control Systems" of the SEE HT LPR «Luhansk Vladimir Dahl State University».

Рецензент: Витренко Владимир Алексеевич, доктор технических наук, профессор ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

Статья подана 18.12.2022

ВЕСТНИК: НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
«ЛУГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени ВЛАДИМИРА ДАЛЯ»
№ 12 (66) 2022

Оригинал-макет

Коломиец-Кириллова Е.А.

Подписано к печати 7.02.2023
Формат 60х84/8. Бумага офсетная. Гарнитура Times
Условных печатных стр. 52,52. Тираж 100 экз. Изд. № 01355.

ИЗДАТЕЛЬСТВО
Луганского государственного университета
имени Владимира Даля

Свидетельство о регистрации серия МИ-СГР ИД 000003 от 20.11.2015 г.

Адрес издательства: 91034, г. Луганск, кв. Молодежный, 20,а.

Тел.: (072) 138-34-80

E-mail: izdat.lguv.dal@gmail.com

http://izdat.dahluniver.ru/