

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ЛУГАНСКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**30 лет
научно-исследовательской лаборатории
«Технической электродинамики»**

В Е С Т Н И К

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

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

**№ 9(51)
2021**

Луганск 2021

ВЕСТНИК

ЛУГАНСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ВЛАДИМИРА ДАЛЯ

№ 9 (51) 2021

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.

VESTNIK

LUGANSK
VLADIMIR DAHL
STATE UNIVERSITY

№ 9 (51) 2021

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

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,
Коваленко А.А., канд. техн. наук, проф,
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,
Слащев В.А., канд. техн. наук, проф,
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: Мирошников В.В.

Рекомендовано в печать Ученым советом Луганского государственного университета имени Владимира Даля.
(Протокол № 1 от 31.08.2021 г.)

Материалы номера печатаются на языке оригинала.

© ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля, 2021
© SEE HT LPR «Lugansk Vladimir Dahl State University», 2021

СОДЕРЖАНИЕ

ОТ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЧЕРЕЗ ТЕХНОЛОГИИ – К НОВЫМ ВЫСОТАМ	9
РАБОТА ИНДУКТИВНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ В МАГNETИТОВОЙ СРЕДЕ С УЧЕТОМ ГИСТЕРЕЗИСА И ВИХРЕВЫХ ТОКОВ	
Мирошников В.В., Гречишкина Н.В., Щербина М.К.	10
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ ПРОХОЖДЕНИЯ КОЛЕСНОЙ ПАРЫ НАД ДАТЧИКОМ, РАСПОЛОЖЕННЫМ НА ШЕЙКЕ РЕЛЬСА	
Мирошников В.В., Богданов В.П.	15
ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ НАСОСЫ С РАБОЧИМ КОЛЕСОМ БЕЗ МЕХАНИЧЕСКИХ ОПОР	
Ерошин С.С., Победа Т.В., Гречишкина Н.В.	19
ВОЗМОЖНОСТИ И УСЛОВИЯ ПОСТРОЕНИЯ ОТКАЗОУСТОЙЧИВОГО ЯДРА СЕТИ ПОДВИЖНОЙ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ В ЛНР	
Бобылев В.В., Победа Т.В., Швеи С.Н.	23
ДЕФЕКТОСКОПИЯ СТАЛЬНЫХ КАНАТОВ	
Бодрухин А.Н., Кочергин А.В., Победа Т.В.	27
БЛОК ОБРАБОТКИ ДАННЫХ УСТРОЙСТВА КОНТРОЛЯ РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИХ ТРАНСПОРТЕРНЫХ ЛЕНТ	
Кочергин А.В., Бодрухин А.Н.	31
ДИАГНОСТИКА ТРУБОПРОВОДОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВНУТРИТРУБНЫХ ДЕФЕКТОСКОПОВ	
Манько П.О., Кочергин А.В.	35
МЕМБРАННЫЙ ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКИЙ СЕНСОР ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕКВАЛИНИА ХЛОРИДА В ЛЕЧЕБНО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ	
Руженко-Мизовцова Н.А., Мирошников В.В.	40
ВОЗМОЖНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА ВИРУСОВ В ВОЗДУХЕ	
Водолазский В.Н., Швеи С.Н., Победа Е.Д.	46
ФУНКЦИЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ФЕРРОЗОНДА С ОДНОПОЛЯРНЫМ ИМПУЛЬСНЫМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ	
Мирошниченко О.Н., Ивженко А.А., Яковенко В.В.	51
СТЕНД ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПОЛЕЙ РАССЕЯНИЯ ДЕФЕКТОВ ПРИ ФЕРРОЗОНДОВОМ КОНТРОЛЕ ДЕТАЛЕЙ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ	
Безкоровайный В.С., Яковенко В.В., Шатова Н.А., Ивженко А.А.	56
К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ АКТИВНЫХ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРАХ ЭНЕРГОКОМПАНИЙ, ВЫЗВАННЫХ ТРАНСПОРТИРОВКОЙ ЭНЕРГИИ ПОТРЕБИТЕЛЯМ С НЕСИММЕТРИЧНО РАСПРЕДЕЛЕННОЙ НАГРУЗКОЙ И УЧЕТ АКТИВНЫХ ПОТЕРЬ ЭНЕРГИИ ПРИ ПЕРЕВОДЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ НА КЛАССЫ НАПРЯЖЕНИЙ: 15; 20; 27,5 И 35 КВ	
Парсентьев О.С.	61
ИЗГОТОВЛЕНИЕ ОТЛИВОК ИЗ ЖИДКОТВЕРДЫХ И ТВЕРДОЖИДКИХ СПЛАВОВ	
Батышев К.А., Станчек С., Батышев А.И., Свинороев Ю.А., Гутько Ю.И.	79
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОДУВОЧНЫХ МЕТОДОВ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ЛИТЕЙНЫХ СТЕРЖНЕЙ НА СМЕСЯХ С ТЕХНИЧЕСКИМИ ЛИГНОСУЛЬФОНАТАМИ	
Свинороев Ю.А., Гутько Ю.И., Рябичев В.Д.	85
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ РАЗРАБОТКИ НОВЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ СВЯЗУЮЩИХ НА ОСНОВЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ЛИГНОСУЛЬФОНАТОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ФАСОННОГО ЛИТЬЯ	
Свинороев Ю.А.	91
РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ИНКЛЮЗИВНОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ СТУДЕНТОВ В ИНФОРМАЦИОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ ВУЗА (РЕФЛЕКСИВНЫЙ КОМПОНЕНТ)	
Богданова Е.В.	99

ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ СЕРИЙНОСТИ НАНЕСЕНИЯ ЗАЩИТНЫХ НАНОПОКРЫТИЙ НА КОМПРЕССОРНЫЕ ЛОПАТКИ СИЛОВЫХ УСТАНОВОК АВИАЦИОННОЙ И НАЗЕМНОЙ ТЕХНИКИ	
Быкадоров В.В., Данилейченко А.А., Любченко Д.И.	104
АНАЛИЗ ДИНАМИКИ РАЗРУШЕНИЯ ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ КАМЕРЫ-ОБОЛОЧКИ	
Волков И.В., Солодовник М.Д., Ясуник С.Н., Кузнецова М.Н.	108
ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ НЕЯЗЫКОВЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ НА ОСНОВЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ ТЕКСТОВ	
Гребеник И.А.	112
ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ВЕТРОВОЙ ТУРБИНЫ	
Калюжный В.В.	117
МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ ВЫСОКОКОНЦЕНТРИРОВАННЫХ ВОДОУГОЛЬНЫХ СУСПЕНЗИЙ В ФАСОННЫХ ЭЛЕМЕНТАХ И АРМАТУРЕ ТРУБОПРОВОДОВ	
Капустин Д.А.	123
АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ПРОЦЕССЕ ВЫБОРА ВАРИАНТА РАЗМЕЩЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ	
Колесников А.В., Компаниец М.К.	134
ФИЗИЧЕСКАЯ РЕАБИЛИТАЦИЯ ОСТЕОХОНДРОЗА МЕТОДОМ ВАКУУМНОГО МАССАЖА	
Кратникова И. П., Мечетный Ю.Н., Курах Ю.А.	139
ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛИ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОТЛОАГРЕГАТОВ ВОДОГРЕЙНОГО ТИПА	
Кучер В. П., Шаповалов В. Д.	142
КОММЕРЧЕСКАЯ РЕКЛАМА В УПРАВЛЕНИИ ПОВЕДЕНИЕМ ПОТРЕБИТЕЛЯ В СОВРЕМЕННОМ СОЦИУМЕ	
Лобовикова Е.А.	146
ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО АППАРАТА ТЕОРИИ ЦЕПЕЙ ПОСТАВОК. ЧАСТЬ I	
Малый В.В., Малый Д.В., Щелоков В.С.	150
ПОНЯТИЕ «ГОТОВНОСТЬ» И СТРУКТУРА НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ У БАКАЛАВРОВ АДАПТИВНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ	
Мелешко Е.А.	159
ВЛИЯНИЕ ЧАСТОТЫ И АМПЛИТУДЫ КОЛЕБАНИЙ РЕЗЕРВУАРА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЦЕССА ВИБРООБРАБОТКИ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТЕРИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПРОЦЕССА	
Мицык В.Я., Тетюхина В.И., Шенкман Г.Л.	164
КОНЦЕПТУАЛИЗАЦИЯ ПОНЯТИЯ «УСТОЙЧИВОСТЬ» В КОНТЕКСТЕ СТРАТЕГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ	
Мызникова М.А.	172
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ТРАНСПОРТНО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН	
Нечаев Г.И., Панков А.А., Щеглов А.В., Коробейников Д.С.	177
ТОПЛИВОСНАБЖЕНИЕ И ЗОЛОУДАЛЕНИЕ В ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВКАХ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ	
Нечаев Г.И., Мирошников В.В., Захарчук А.С., Чижевская Д.Ю.	181
ФУНКЦИИ ТЕНЕВОЙ ЭКОНОМИКИ, СТРУКТУРА, КЛАССИФИКАЦИЯ	
Орешкин М.В., Макарова Е.И.	187
ФАКТОРЫ ТЕНЕВОЙ ЭКОНОМИКИ	
Орешкин М.В.	197
ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ПРИРОДА ИПОТЕЧНОГО КАПИТАЛА И ИПОТЕЧНОГО КРЕДИТА	
Перловская Н.В.	202

К ВОПРОСУ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ВИБРООБРАБОТКИ МЕЛКОГАБАРИТНЫХ ПЛОСКОСТНЫХ ДЕТАЛЕЙ	
Рубаненко В.Ю., Мицык В.Я. -----	207
ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ БЛОКЧЕЙН В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ	
Сычев Е.В., Ищенко Ю.В. -----	211
ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ ПРОДОЛЖЕНИЯ РЕГУЛЯРНЫХ МЕР	
Таращанский М.Т. -----	216
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ В ЗАДАЧЕ ПОСТРОЕНИЯ СТРУКТУРНЫХ МОДЕЛЕЙ МАНИПУЛЯЦИОННЫХ РОБОТОВ	
Шульгин С.К., Юрков В.А., Балалаечников А.В. -----	219
ПОНЯТИЕ «САМОРЕГУЛЯЦИЯ ЛИЧНОСТИ» И ЕЕ РОЛЬ В ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СПЕЦИАЛИСТА В СФЕРЕ АДАПТИВНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ	
Яковлева Е.В., Прихода И.В. -----	225

CONTENTS

OPERATION OF AN INDUCTIVE CONVERTER IN A MAGNETITE ENVIRONMENT, TAKING INTO ACCOUNT HYSTERESIS AND EDDY CURRENTS Miroshnikov V.V., Grechishkina N.V., Shcherbina M.K.	10
DETERMINATION OF WHEEL PAIR PASSAGE TIME ABOVE SENSOR LOCATED ON RAIL NECK Miroshnikov V.V., Bogdanov V.P.	15
CENTRIFUGAL PUMPS WITH IMPELLER WITHOUT MECHANICAL SUPPORTS Yeroshin S.S., Pobeda T.V., Grechishkina N.V.	19
POSSIBILITIES AND CONDITIONS FOR BUILDING A FAULT-TOLERANT MOBILE TELECOMMUNICATION NETWORK CORE IN THE LPR Bobylev V.V., Pobeda T.V., Shvets S.N.	23
FLAW DETECTION OF STEEL ROPES Bodrukhin A.N., Kochergin A.V., Pobeda T.V.	27
DATA PROCESSING UNIT OF THE RUBBER CONVEYOR BELTS CONTROL DEVICE Kochergin A.V., Bodrukhin A.N.	31
DIAGNOSTICS OF PIPELINES USING IN-TUBE DEFECTOSCOPES Man'ko P.O., Kochergin A.V.	35
MEMBRANE POTENTIOMETRIC SENSORS FOR DETERMINATION OF CHLORIDE DEQUALINE IN MEDICAL AND PREVENTIVE PRODUCTS Ruzhenko-Mizovtsova N.A., Miroshnikov V.V.	40
POSSIBILITIES OF MODERN SYSTEMS FOR MONITORING VIRUSES IN THE AIR Vodolazky V.N., Shvets S.N., Pobeda E.D.	46
THE TRANSFORMATION FUNCTION OF A FERROSONDE WITH UNIPOLAR PULSED EXCITATION Ivzhenko A.A., Miroshnichenko O.N., Yakovenko V.V.	51
STAND FOR MEASURING FIELDS SCATTERING OF DEFECTS DURING FERROSONDE CONTROL OF MACHINE PARTS AND MECHANISMS Bezkorovainiy V.S., Yakovenko V.V., Shatova N.A., Ivzhenko A.A.	56
ON THE ISSUE OF ASSESSING ACTIVE ENERGY LOSSES IN POWER TRANSFORMERS OF POWER COMPANIES CAUSED BY THE TRANSPORTATION OF ENERGY TO CONSUMERS WITH AN ASYMMETRIC DISTRIBUTED LOAD AND ACCOUNTING FOR ACTIVE ENERGY LOSSES WHEN TRANSFERRING ELECTRICAL NETWORKS TO VOLTAGE CLASSES: 15; 20; 27,5 AND 35 KV Parsentev O.S.	61
PRODUCTION OF CASTINGS FROM LIQUID-SOLID AND SOLID- LIQUID ALLOYS Batyshev K.A., Stacek S., Batyshev A.I., Svinoroev Yu.A., Gutko Yu.I.	79
THE USE OF PURGE METHODS IN THE MANUFACTURE OF CASTING RODS ON MIXTURES WITH TECHNICAL LIGNOSULFONATES Svinoroev Yr.A., Gutko Yr.I., Ryabichev V.D.	85
THEORETICAL POSSIBILITIES OF DEVELOPING NEW ENVIRONMENTALLY FRIENDLY BINDERS BASED ON TECHNICAL LIGNOSULFONATES FOR THE PRODUCTION OF SHAPED CASTING Svinoroev Yr. A.	91
RESULTS OF THE RESEARCH ON THE FORMATION OF STUDENTS' INCLUSIVE COMPETENCE IN THE INFORMATION AND EDUCATIONAL ENVIRONMENT OF HIGHER EDUCATION INSTITUTION (REFLEXIVE COMPONENT) Bogdanova E.V.	99
WAYS TO SOLVE THE PROBLEMS OF SERIAL APPLICATION PROTECTIVE NANOCOATING ON COMPRESSOR BLADES OF POWER PLANTS OF AVIATION AND GROUND EQUIPMENT Bykadorov V.V., Danileychenko A.A., Lyubchenko D.I.	104

ANALYSIS OF THE DYNAMICS OF DESTRUCTION OF THE INNER SURFACE OF THE SHELL CHAMBER	
Volkov I.V., Solodovnik M.D., Yasunik S.N., Kuznetsova M.N.	108
FEATURES OF TRAINING STUDENTS OF NON-LINGUISTIC SPECIALTIES ON THE BASIS OF PROFESSIONALLY ORIENTED TEXTS	
Grebenik I.A.	112
OPTIMIZATION OF WIND TURBINE PARAMETERS	
Kaluizhnyy V.V.	117
SIMULATION OF FLOW OF HIGHLY CONCENTRATED WATER-COAL SUSPENSIONS IN SHAPED ELEMENTS AND PIPELINE FITTINGS	
Kapustin D.A.	123
AUTOMATED DECISION SUPPORT SYSTEM IN THE PROCESS OF SELECTING THE OPTION FOR LOCATION OF AN INDUSTRIAL ENTERPRISE	
Kolesnikov A.V., Kompaniets M.K.	134
PHYSICAL REHABILITATION OF OSTEOCHONDROSIS BY THE METHOD OF VACUUM MASSAGE	
Kratinova I.P., Mechetnyy Y.N., Kurakh Y.A.	139
RESEARCH OF THE MODEL OF DYNAMIC CHARACTERISTICS OF WATER-TYPE BOILER UNITS	
Kucher V.P., Shapovalov V.D.	142
THE COMMERCIAL ADVERTISING AS ELEMENT OF BEHAVIOR CONSUMER IN MODERN SOCIETY	
Lobovikova E.A.	146
THE MAIN PROVISIONS OF THE MATHEMATICAL APPARATUS OF THE THEORY OF SUPPLY CHAINS. PART I	
Maliy V.V., Maliy D.V., Shcholokov V.S.	150
THE CONCEPT OF «REPAIREDNESS» AND STRUCTURE OF RESEARCH ACTIVITIES FOR BACHELORS OF ADAPTIVE PHYSICAL EDUCATION	
Meleshko E.A.	159
THE INFLUENCE OF THE FREQUENCY AND AMPLITUDE OF THE RESERVOIR OSCILLATIONS ON THE EFFICIENCY OF THE VIBRATION TREATMENT PROCESS. DETERMINATION OF THE PROCESS PRODUCTIVITY CRITERION	
Mitsyk V. Ya., Tetyukhina V. I., Shenkman G. L.	164
CONCEPTUALIZATION OF THE TERM OF «SUSTAINABILITY» IN THE CONTEXT OF STRATEGIC MANAGEMENT OF SOCIO-ECONOMIC SYSTEMS	
Myznikova M.	172
INTELLIGENT MOTION CONTROL SYSTEM TRANSPORT AND TECHNOLOGICAL MACHINES	
Nechaev G.I., Pankov A.A., Shheglov A.V., Korobeinikov D.S.	177
FUEL SUPPLY AND ASH REMOVAL IN GAS GENERATOR UNITS OF TRANSPORTATION SYSTEMS ROLLING STOCK	
Nechayev G., Miroshnikov V., Zakhazchuk A., Chizhevskaya D.	181
FUNCTIONS OF THE SHADOW ECONOMY, STRUCTURE, CLASSIFICATION	
Oreshkin M.V., Makarova E.I.	187
FACTORS OF THE SHADOW ECONOMY	
Oreshkin M.V.	197
ECONOMIC NATURE OF MORTGAGE CAPITAL AND MORTGAGE LOAN	
Perlovskaya N.V.	202
ON THE ISSUE OF MATHEMATICAL SIMULATION OF THE VIBRATION TREATMENT PROCESS OF SMALL-SIZED PLANAR PARTS	
Rubanenko V. Yu., Mitsyk V. Ya.	206

POSSIBILITIES OF BLOCKCHAIN TECHNOLOGY APPLICATION IN EDUCATIONAL PROCESS Sychev E.V., Ischenko J.V. -----	211
EXTREME EXTENSIONS OF REGULAR MEASURES Tarashchanskii M.T. -----	216
THE USE OF CAD IN THE TASK OF CONSTRUCTING STRUCTURAL MODELS OF MANIPULATIVE ROBOTS Shul'gin S.K., Yurkov V.A., Balalaevnikov A.V. -----	219
THE CONCEPT OF "SELF-REGULATION OF THE PERSONALITY" AND ITS ROLE IN THE PROFESSIONAL ACTIVITY OF A SPECIALIST IN THE SPHERE OF ADAPTIVE PHYSICAL CULTURE Yakovleva E.V., Prikhoda I.V. -----	225

ОТ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЧЕРЕЗ ТЕХНОЛОГИИ – К НОВЫМ ВЫСОТАМ

То, что сегодня наука, – завтра техника
Эдвард Теллер



В этом году исполняется 30 лет со дня создания в классическом университете Луганска научно-исследовательской лаборатории «Технической электродинамики». Основал и руководит лабораторией все эти годы доктор технических наук, профессор Мирошников Вадим Владимирович.

Любое общество, которое стремится развиваться, постоянно нуждается в обновленной научной информации. Она имеет особую ценность как для цивилизации в целом, так и для каждого отдельного человека, потому что помогает решать насущные и глобальные проблемы, позволяя достигать новых высот. Фундаментальной целью деятельности научно-исследовательской лаборатории «Технической

электродинамики» (НИЛ ТЭД) является сбор сведений, проведение научных исследований, что позволяет ставить и творчески решать сложные вопросы производства и управления, которые представляют особый интерес для человечества.

Проводимые научные исследования в НИЛ ТЭД направлены на создание новых технологий, новых видов продукции и повышение ее качества, на противодействие моральному и физическому износу оборудования. Разработанные в НИЛ ТЭД приборы неразрушающего контроля и технической диагностики, системы управления и информационно-измерительная техника нашли свое применение на десятках предприятий в России, Казахстане, Украине, Белоруссии.

На базе НИЛ ТЭД подготовлены и защищены докторские и кандидатские диссертации, сотни студенческих выпускных квалификационных работ.

Научно-исследовательская лаборатория «Технической электродинамики» – это коллектив единомышленников, стремящихся к творческому и конструктивному решению актуальных научных задач. Благодаря проведенной коллективом работе, накопленным и приумноженным знаниям стало возможным создание в Донбасском регионе ранее отсутствующего научного направления – приборостроения.

В настоящее время приборостроение – это приоритетный мировой тренд научно-технического развития и локомотив технологического движения вперед.

В.В. Мирошников

УДК 621.318.122

РАБОТА ИНДУКТИВНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ В МАГНЕТИТОВОЙ СРЕДЕ С УЧЕТОМ ГИСТЕРЕЗИСА И ВИХРЕВЫХ ТОКОВ

Мирошников В.В., Гречишкина Н.В., Щербина М.К.

OPERATION OF AN INDUCTIVE CONVERTER IN A MAGNETITE ENVIRONMENT, TAKING INTO ACCOUNT HYSTERESIS AND EDDY CURRENTS

Miroshnikov V.V., Grechishkina N.V., Shcherbina M.K.

Рассматривается взаимодействие электромагнитного преобразователя с ферромагнитным материалом с учетом изменения гистерезиса и электропроводности под воздействием внешних факторов, температуры, намагниченности, изменения формы.

Ключевые слова: магнетит, магнитная восприимчивость, магнитная проницаемость, гистерезис, вихревые токи.

Изложение основного материала. При периодическом перемагничивании ферромагнетиков из-за возникновения в нем явлений гистерезиса и вихревых токов составляющие вектора напряженности $\vec{M}$ вторичного (индуцированного) магнитного поля отстают во времени (по фазе) от соответствующих составляющих вектора напряженности $\vec{H}$ первичного (приложенного) магнитного поля [1], как изображено на комплексной плоскости (рис. 1).

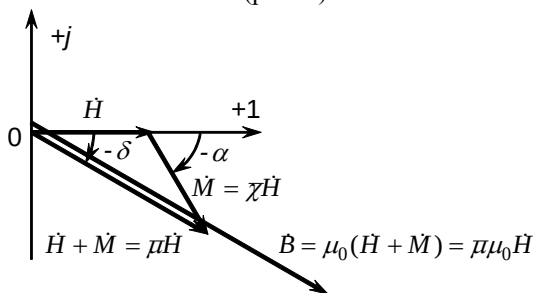


Рис. 1. Векторная диаграмма комплексных амплитуд напряженностей первичного $\vec{H}$, индуцированного $\vec{M}$ и суммарного $\vec{H} + \vec{M}$ магнитных полей при перемагничивании реальных ферромагнетиков

Очевидно, что магнитная восприимчивость вещества χ , характеризующая связь между напряженностью первичного магнитного поля $\vec{H}$ и напряженностью вторичного $\vec{M}$ (называемой также намагниченностью), в этом случае становится величиной комплексной:

$$\dot{M} = \dot{\chi} \dot{H}. \quad (1)$$

Первичное и вторичное магнитные поля складываются по принципу суперпозиции. Из векторной диаграммы на рис. 1 видно, что напряженность суммарного поля $\vec{H} + \vec{M}$ также отстает по фазе от $\vec{H}$. Поэтому магнитная проницаемость, характеризующая связь между $\vec{H} + \vec{M}$ и $\vec{H}$, в данном случае также является величиной комплексной:

$$\dot{H} + \dot{M} = \dot{\mu} \dot{H}. \quad (2)$$

Подставляя (1) в (2) и сокращая $\dot{H}$, можно получить известное выражение, где магнитная проницаемость и магнитная восприимчивость однозначно связаны соотношением $\mu = 1 + \chi$, но в комплексной форме:

$$\dot{\mu} = 1 + \dot{\chi}. \quad (3)$$

Для вычисления магнитной индукции $\vec{B}$ суммарного магнитного поля необходимо его напряженность $\vec{H} + \vec{M}$ умножить на магнитную постоянную μ_0 , которая является скаляром, поэтому фаза векторов $\vec{B}$ и $\vec{H} + \vec{M}$ совпадает. С учетом (2) получаем известную формулу, но в комплексной форме:

$$\dot{B} = \mu_0(\dot{H} + \dot{M}) = \dot{\mu} \mu_0 \dot{H}. \quad (4)$$

Таким образом, индукция результирующего магнитного поля $\vec{B}$ отстает от напряженности первичного магнитного поля $\vec{H}$ на некоторый угол потерь δ (см. рис. 1), который определяется комплексными величинами $\dot{\chi}$ или $\dot{\mu}$ исследуемого вещества (на заданной частоте магнитного поля) [2].

Проанализируем физический смысл комплексных $\dot{\chi}$ и $\dot{\mu}$. Для этого запишем их в виде комплексных чисел в алгебраической форме:

$$\dot{\chi} = \chi' - j\chi''. \quad (5)$$

$$\bar{\mu} = \mu' - j\mu'' \quad (6)$$

Полагаем, что компоненты $\chi'' \geq 0$ и $\mu'' \geq 0$, поэтому знак «минус» перед мнимой частью указывает именно на отставание фаз $\dot{M}$ от $\dot{H}$ при $\dot{H} + \dot{M}$ от $\dot{H}$ в формулах (1), (2).

Подставляя χ , μ из (6), (5) в формулу их связи (3), получаем формулы связи для их действительных и мнимых компонентов:

$$\mu' = 1 + \chi' \quad (7)$$

$$\mu'' = \chi'' \quad (8)$$

Графически взаимосвязь между компонентами комплексных χ и μ можно представить как показано на рис. 2.

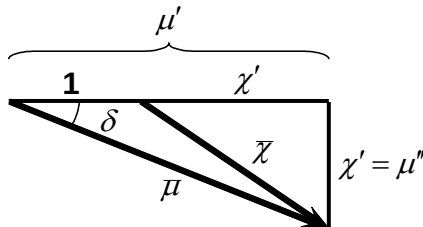


Рис. 2. Пояснение физического смысла комплексных магнитной восприимчивости χ и магнитной проницаемости μ

Комплексную магнитную проницаемость можно также выразить через ее модуль и угол магнитных потерь по формуле Эйлера:

$$\bar{\mu} = |\bar{\mu}|(\cos \delta - j \sin \delta) = |\bar{\mu}|e^{-j\delta}, \quad (9)$$

где $|\bar{\mu}| = \sqrt{(\mu')^2 + (\mu'')^2}$ – модуль комплексной магнитной проницаемости; $\delta = \arctg \frac{\mu''}{\mu'}$ (рад), $(0 \leq \delta \leq \frac{\pi}{2})$ – угол магнитных потерь.

Действительный компонент (активная составляющая) $\mu' = 1 + \chi'$ характеризует магнитные свойства исследуемого материала [3], т.е. его способность обратимо намагничиваться синфазно с прикладываемым гармоническим магнитным полем $\dot{H}$, и несет информацию о содержании ферромагнетика – аналогично скалярной χ в идеальном случае, математическая модель $\frac{\Delta L}{L_0} = \chi = c_{\Gamma} \cdot \chi_m \cdot \frac{Fe_{\text{магн}}}{100} \cdot m$ взаимодействия магнетита с индуктивным ИПП, которая формулируется следующим образом: в режиме без насыщения наблюдаемое относительное изменение индуктивности ИПП $\Delta L/L_0$ (эффективная магнитная восприимчивость χ) прямо пропорциональны магнитной восприимчивости чистого магнетита χ_m , его содержанию $Fe_{\text{магн}}$ и общей массе m магнетитового материала, помещенного в магнитное поле ИПП.

Мнимый компонент (реактивная составляющая, фактор потерь) $\mu'' = \chi''$ характеризует суммарную величину потерь энергии в исследуемом материале, возникающих за счет гистерезиса в ферромагнетике (магнетите) и за счет возникновения вихревых токов во всей массе рудного материала [4], величина которых в свою очередь зависит от электропроводности, влажности, крупности материала, а также частоты приложенного магнитного поля.

Найдем связь между компонентами χ' , χ'' и параметрами ИПП. Подключим ИПП, представляющий собой катушку индуктивности соленоидного типа к источнику переменного гармонического напряжения $\dot{U}$, как показано на схеме (рис. 3,а).

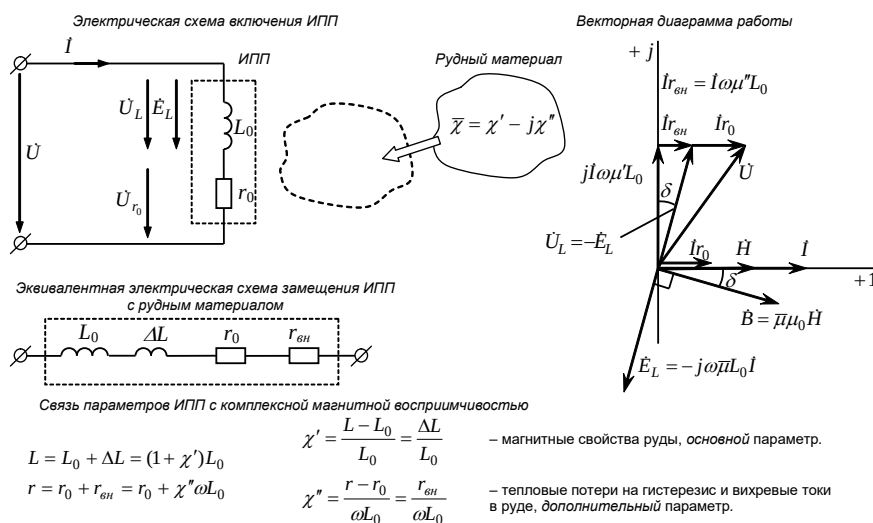


Рис. 3. Электрическая схема включения (а), векторная диаграмма работы (б) и эквивалентная электрическая схема замещения ИПП с магнетитовым материалом (в)

При отсутствии магнетитового материала катушка имеет следующие начальные параметры: собственную индуктивность и внутреннее активное сопротивление обмотки, обозначим их L_0 и r_0 соответственно [5]. Заполним катушку полностью исследуемым материалом с некоторой комплексной магнитной проницаемостью $\bar{\mu} = 1 + \bar{\chi} = 1 + \bar{\chi}' - j\bar{\chi}''$. Допустим, индуктивность и активное сопротивление катушки при этом изменятся, обозначим их L и r соответственно.

Через катушку протекает некоторый гармонический ток $\dot{I}$. Пусть

$$i = I \sin \omega t \quad (\text{или } i = \operatorname{Im} I e^{j\omega t}), \quad (10)$$

где I – амплитуда тока, А; ω – угловая частота, рад/с, t – время, с.

Начальную фазу тока принимаем равной нулю, поэтому вектор $\dot{I}$ на комплексной плоскости (см. рис. 3б) сонаправлен с осью абсцисс.

Ток в соленоиде создает в нём первичное магнитное поле с напряженностью $\dot{H}$, величина которой зависит от величины тока и может быть вычислена по закону полного тока, при этом фаза векторов $\dot{I}$ и $\dot{H}$ (см. рис. 3б) совпадает [6]:

$$\dot{H} = \frac{NI}{l}, \quad (11)$$

где N – количество витков; $\dot{I}$ – комплексная амплитуда тока, А; l – длина соленоида, м.

Магнитная индукция результирующего поля с учетом (4) и (11)

$$\dot{B} = \bar{\mu}\mu_0\dot{H} = \frac{\bar{\mu}\mu_0 N \dot{I}}{l}. \quad (12)$$

Вектор $\dot{B}$ за счет присутствия потерь отстает от векторов $\dot{I}$ и $\dot{H}$ на некоторый угол δ .

Через поперечное сечение соленоида проходит магнитный поток

$$\dot{\Phi} = \dot{B}S, \quad (13)$$

где S – площадь поперечного сечения соленоида (площадь витка), м².

Суммарное потокоцепление пропорционально количеству витков N :

$$\dot{\Psi} = N\dot{\Phi} \quad (14)$$

или с учетом (12) и (13)

$$\dot{\Psi} = N\dot{\Phi} = N\dot{B}S = N \frac{\bar{\mu}\mu_0 N \dot{I}}{l} S = \bar{\mu} \frac{\mu_0 N^2 S}{l} \dot{I}. \quad (15)$$

Введем замену для выражения

$$\frac{\mu_0 N^2 S}{l} = L_0, \quad (16)$$

что является собственной индуктивностью соленоида. При этом из (15) суммарное потокоцепление

$$\dot{\Psi} = \bar{\mu} L_0 \dot{I}. \quad (17)$$

Изменяющееся во времени значение магнитного потокоцепления приводит к возникновению в катушке ЭДС индукции, мгновенное значение которой выражается законом электромагнитной индукции:

$$e_L = - \frac{d\dot{\Psi}}{dt}. \quad (18)$$

Переходя в (17) от комплексной амплитуды потокоцепления к его мгновенному значению, подставляя его в (18) и дифференцируя, получаем:

$$e_L = - \frac{d(\bar{\mu} L_0 I \sin \omega t)}{dt} = -\omega \bar{\mu} L_0 I \cos \omega t = \omega \bar{\mu} L_0 I \sin(\omega t - \frac{\pi}{2}). \quad (19)$$

Переходя снова к комплексным амплитудам, получаем:

$$\dot{E}_L = -j\omega \bar{\mu} L_0 \dot{I}. \quad (20)$$

Согласно второму правилу Кирхгофа (сумма всех ЭДС равна сумме всех падений напряжений) при обходе контура по направлению тока

$$\dot{E}_L = \dot{U}_{r_0} - \dot{U}. \quad (21)$$

Используя последние две формулы, закон Ома в комплексной форме и выражая комплексную магнитную проницаемость через ее компоненты по формуле (6), получаем выражение для комплексной амплитуды напряжения на катушке (см. также векторную диаграмму на рис. 3,б):

$$\begin{aligned} \dot{U} &= -\dot{E}_L + \dot{U}_{r_0} = j\omega \bar{\mu} L_0 \dot{I} + \dot{I} r_0 = \\ &= j\omega L_0 \dot{I} (\mu' - j\mu'') + \dot{I} r_0 = \\ &= j\dot{I} \omega \mu' L_0 + \dot{I} \omega \mu'' L_0 + \dot{I} r_0. \end{aligned} \quad (22)$$

Зная напряжение и ток, рассчитаем согласно закону Ома комплексное сопротивление катушки

$$Z = \frac{\dot{U}}{\dot{I}} = \frac{j\dot{I} \omega \mu' L_0 + \dot{I} \omega \mu'' L_0 + \dot{I} r_0}{\dot{I}} = (r_0 + \mu'' \omega L_0) + j(\mu' \omega L_0). \quad (23)$$

Проанализируем полученное выражение. Мнимая часть Z (при $+j$) представляет собой индуктивное сопротивление $X_L = \omega L$. Приравнявая

$$\mu' \omega L_0 = \omega L, \quad (24)$$

получаем, что индуктивность катушки с исследуемым материалом

$$L = \mu' L_0. \quad (25)$$

Отметим, что полученная формула аналогична формуле для случая отсутствия потерь.

Действительная часть Z представляет собой активное сопротивление

$$r = r_0 + \mu'' \omega L_0. \quad (26)$$

Окончательно, заменив в последних двух формулах μ на χ , получаем, что при внесении материала с комплексной магнитной восприимчивостью $\chi = \chi' - j\chi''$ в магнитное поле индуктивного ИПП его параметры изменяются по следующим зависимостям:

$$L = (1 + \chi') L_0, \quad (27)$$

$$r = r_0 + \chi'' \omega L_0. \quad (28)$$

Индуктивность ИПП увеличивается на величину вносимой индуктивности, связанную с действительным компонентом χ' :

$$\Delta L = L - L_0 = \chi' L_0. \quad (29)$$

Активное сопротивление ИПП увеличивается на величину вносимого сопротивления потерь, связанную с мнимым компонентом χ'' :

$$r_{\text{вн}} = r - r_0 = \chi'' \omega L_0. \quad (30)$$

Эквивалентную схему замещения индуктивного ИПП при внесении магнетитового материала можно представить как показано на рис. 3в.

Окончательно выразив из полученных зависимостей (29), (30) компоненты χ' и χ'' , найдем их связь с параметрами L и r ИПП:

$$\chi' = \frac{L - L_0}{L_0} = \frac{\Delta L}{L_0}, \quad (31)$$

$$\chi'' = \frac{r - r_0}{\omega L_0} = \frac{r_{\text{вн}}}{\omega L_0}. \quad (32)$$

Выводы. Таким образом, для общего случая взаимодействия ИПП с магнетитом при наличии в нем тепловых потерь, обусловленных гистерезисом и вихревыми токами, установлено следующее:

1. Магнитная восприимчивость магнетита является величиной комплексной, и для ее контроля следует использовать два параметра ИПП: индуктивность L и активное сопротивление r . При этом относительное изменение индуктивности $\Delta L / L_0$, наблюдаемое при переходе от воздуха к материалу, связано с действительным компонентом χ' комплексной магнитной восприимчивости, характеризующим магнитные свойства исследуемого материала, т.е. его способность обратимо намагничиваться, а вносимое в ИПП активное сопротивление $r_{\text{вн}}$ — с мнимым

компонентом χ'' , характеризующим величину тепловых потерь на гистерезис и вихревые токи.

2. Для раздельного определения компонентов χ' , χ'' исследуемого материала следует разработать вторичный преобразователь, позволяющий раздельно измерять L и r .

3. Предположено, что информативным параметром, характеризующим содержание $Fe_{\text{магн}}$, является только действительный компонент комплексной магнитной восприимчивости $\chi' = \Delta L / L_0$, а влияние фактора потерь $\chi'' = r_{\text{вн}} / \omega L_0$ на результат следует исключить.

Литература

1. Бессонов Л.А. Теоретические основы электромагнитного поля / Л.А. Бессонов. — М.: Высшая школа, 1986. — 261 с.
2. Бурсиан В.Р. Теория электромагнитных полей, применяемых в электроразведке / В.Р. Бурсиан. — М.: Недра, 1972. — 367 с.
3. Бэрк Г.Ю. Справочное пособие по магнитным явлениям / Г.Ю. Бэрк. — М.: Энергоиздат, 1991. — 378 с.
4. Аналитическое обоснование индукционных измерений магнитной восприимчивости в оперативном контроле содержания железа в конвейерных рудопотоках / Яковлев В.Л., Щербинин В.Е., Молчанов О.Н., Слыханов В.И. // Дефектоскопия. — 2006. — №1. — С. 37-53.
5. Белявский Ю.В. Индуктивный датчик с равномерным магнитным полем. — Ю.В. Белявский, Н.В. Старцев // Известия вузов. Горный журнал. — 1971. — №4.
6. Афанасьев Ю.В. Магнитометрические преобразователи, приборы, установки / Ю.В. Афанасьев. — Л.: Энергия, 1972. — 272 с.

References

1. Bessonov L.A. Teoreticheskie osnovy` e`lektromagnitnogo polya / L.A. Bessonov. — M.: Vysshaya shkola, 1986. — 261 s.
2. Bursian V.R. Teoriya e`lektromagnitny`x polej, primenyaemy`x v e`lektrozvedke / V.R. Bursian. — M.: Nedra, 1972. — 367 s.
3. Be`rk G.Yu. Spravochnoe posobie po magnitny`m yavleniyam / G.Yu. Be`rk. — M.: E`nergoizdat, 1991. — 378 s.
4. Analiticheskoe obosnovanie indukcionny`x izmerenij magnitnoj vospriimchivosti v operativnom kontrole soderzhaniya zheleza v konvejerny`x rudopotokax / Yakovlev V.L., Shherbinin V.E., Molchanov O.N., Sly`xanov V.I. // Defektoskopiya. — 2006. — №1. — S. 37-53.
5. Belyavskij Yu.V. Induktivny`j datchik s ravnomerny`m magnitny`m polem. — Yu.V. Belyavskij, N.V. Starcev // Izvestiya vuzov. Gorny`j zhurnal. — 1971. — №4.
6. Afanas`ev Yu.V. Magnitometricheskie preobrazovateli, pribory, ustanovki / Yu.V. Afanas`ev. — L.: E`nergiya, 1972. — 272 s.

Miroshnikov V.V., Grechishkina N.V.,
Shcherbina M.K.

OPERATION OF AN INDUCTIVE CONVERTER IN A MAGNETITE ENVIRONMENT, TAKING INTO ACCOUNT HYSTERESIS AND EDDY CURRENTS

The interaction of an electromagnetic transducer with a ferromagnetic material is considered, taking into account changes in hysteresis and electrical conductivity under the

influence of external factors, temperature, magnetization, and shape changes.

Key words: magnetite, magnetic susceptibility, magnetic permeability, hysteresis, eddy currents.

Мирошников Вадим Владимирович, д.т.н., профессор, проректор по научно-учебной работе, заведующий кафедрой «Приборы», ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.
E-mail: prorectormvv@mail.ru

Miroshnikov Vadim Vladimirovich, vice-rector for scientific and educational work, head of the department «Devices», doctor of technical sciences, professor of SEE HT LPR «Lugansk Vladimir Dahl State University», Lugansk.

Гречишкина Наталья Владимировна, заместитель декана факультета приборостроения, электротехнических и биотехнических систем ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.
E-mail: natalisha.grech@mail.ru

Grechishkina Natalya Vladimirovna, deputy dean of the faculty of instrumentation, electrical and biotechnical systems of SEE HT LPR «Lugansk Vladimir Dahl State University», Lugansk.

Щербина Михаил Константинович, аспирант кафедры «Приборы» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.
E-mail: sherbina1995@i.ua

Shcherbina Mikhail Konstantinovich, post-graduate student of the «Devices» department of SEE HT LPR «Lugansk Vladimir Dahl State University», Lugansk.

Рецензент: Ерошин Сергей Сергеевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Приборы» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 13.01.2022

УДК 629.4.027

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ ПРОХОЖДЕНИЯ КОЛЕСНОЙ ПАРЫ НАД ДАТЧИКОМ, РАСПОЛОЖЕННЫМ НА ШЕЙКЕ РЕЛЬСА

Мирошников В.В., Богданов В.П.

DETERMINATION OF WHEEL PAIR PASSAGE TIME ABOVE SENSOR LOCATED ON RAIL NECK

Miroshnikov V.V., Bogdanov V.P.

Предложен алгоритм фильтрации выходного сигнала датчика при прохождении колесной пары и разработано программное обеспечение для определения времени прохождения колеса над датчиком с заданной точностью.

Ключевые слова: колесная пара, датчик, фильтрация сигнала, скорость движения.

Введение. Техническое состояние поверхности качения колеса железнодорожных вагонов в современных условиях определяется по его воздействию на рельс, где и установлены датчики, которые считывают информацию о давлении колеса на рельс. Максимально достоверное значение давления колеса определяется датчиком, расположенным на шейке рельса, в момент, когда колесо находится строго над датчиком. Поэтому актуальным является задача определения времени прохождения колеса над датчиком и фиксирование давления именно в этот момент времени.

Простая на первый взгляд задача достаточно сложно реализуема в силу целого ряда причин: переменная скорость движения в широком диапазоне и ее изменения в малые промежутки времени; многомерность нагрузки колеса на рельс, что приводит к высокому уровню помех, действующих на датчик. Это дает ложное фиксирование давления колеса на рельс и погрешность может достигать 30 – 50 %. А это в свою очередь не дает точной оценки степени дефектности колеса, что в конечном итоге может привести к аварийной ситуации.

Изложение основных материалов. Под поездной нагрузкой деформированное состояние рельса является существенно трехмерным. Воздействие боковой силы и наличие эксцентриситета приложения нормальной силы создают изгибающий момент, деформирующий рельс по схеме кручения. В работе [1] показано, что для уменьшения влияния этих параметров на результат оценки вертикальной динамики

допустимо использовать симметричные деформации.

На рис. 1 и 2 приведены графики зависимости симметричных и асимметричных деформаций шейки рельса от времени. В сигналах различаются компоненты, которые имеют различный характер изменения во времени. Для определения времен прохода колеса над датчиками разработаны алгоритмы обработки сигналов [2], позволяющие уменьшить влияние неинформативных низкочастотных составляющих.

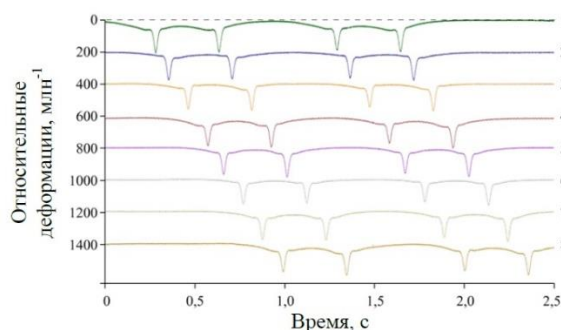


Рис. 1. Графики зависимости симметричных деформаций от времени

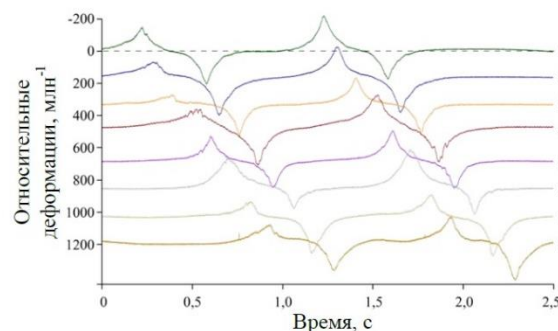


Рис. 2. Графики зависимости асимметричных деформаций от времени

Фильтрация сигнала проводилась с использованием алгоритма линейной (апериодической) свертки [3]:

$$Q_i = \sum_{j=1}^m \frac{\varepsilon_{j+i} \cdot E_j}{m}, \quad (1)$$

где Q_i – значение сигнала, полученное в результате операции свертки, отн. ед.;

ε_{j+i} – исходные сигналы симметричных деформаций, млн⁻¹;

m – период эталонной функции, с;

E_j – значения эталонной функции, отн. ед.

В качестве эталонной функции (рис. 3) для фильтрации применялась тригонометрическая функция вида

$$E_i = \cos\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot j}{T \cdot f}\right), \quad (2)$$

где j – индекс, изменяющийся в диапазоне от 1 до $m = T \cdot f$;

T – период эталонной функции, с;

f – частота квантования АЦП, Гц.

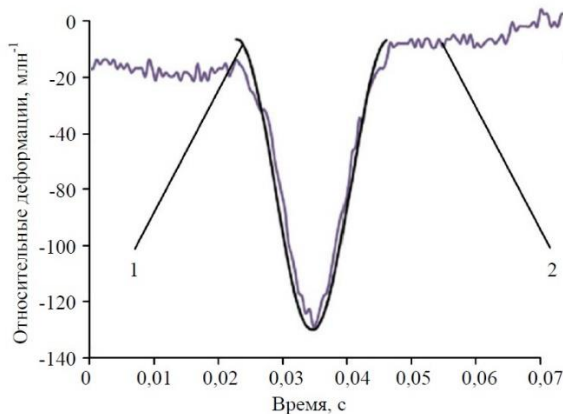


Рис. 3. Эталонная функция (1) и исходный сигнал с датчиков (2)

Результаты исследований. На рис. 4 представлено математическое описание алгоритма операции линейной (апериодической) свертки.

		$\varepsilon(m)$						
		0	1				N-2	N-1
$E(n-m)$	M-1	M-2	...	2	1	0	$Q(0)=a(0) \cdot b(0)$	
$E(n-m)$	M-1	M-2	...	0	1	0	$Q(1)=a(0) \cdot b(1)+a(1) \cdot b(0)$	
$E(n-m)$	M-1	M-2	...	2	1	0	$Q(2)=a(0) \cdot b(2)+a(1) \cdot b(1)+a(2) \cdot b(0)$	
		:	:	:	:	:		
		:	:	:	:	:		
		:	:	:	:	:		
		:	:	:	:	:		
		:	:	:	:	:		
$E(n-m)$	M-1	M-2	...	2	1	0		
$E(n-m)$	M-1	M-2	...	2	1	0		
$E(n-m)$	M-1	M-2	...	2	1	0	$Q(M+N-3)$	
$E(n-m)$	M-1	M-2	...	2	1	0	$Q(M+N-2)$	

Рис. 4. Математическое описание операции получения функции $Q(m, n)$ свертки двух сигналов: исходного $\varepsilon(m)$ и эталонной функции $E(n)$

Оптимальное значение периода T эталонной функции определяется из условия максимального значения полезного сигнала Q_i , связанного с прохождением колеса, и минимального отношения шум/сигнал. Период эталонной функции, очевидно, зависит от скорости движения поезда на измерительном участке.

Для определения оптимального периода рассчитана и построена зависимость отношения шум/сигнал (K_{NS}) и максимальной амплитуды фильтрованного сигнала Q от периода T эталонной функции (рис. 5). Для каждого значения периода выполнено 56 измерений, шаг изменения периода при этом составил 0,005 с. Для каждого колеса определялась максимальная амплитуда шума и минимальная амплитуда полезного сигнала и рассчитывалось их отношение K_{NS} .

При увеличении периода амплитуда шумов и помех в фильтрованном сигнале монотонно убывает, что объясняется их усреднением. При этом амплитуда полезного сигнала имеет максимум при значениях периода от 0,035 до 0,045 с. Исходя из условия сохранения сигнала от прохождения колеса над датчиком, оптимальный период принят равным $T = 0,04$ с для скорости подвижного состава $v=12$ м/с.

При изменении скорости подвижного состава значение периода изменяется. При этом их произведение $T \cdot v = 0,48$ м остается постоянным. Из этого соотношения оптимальный период может быть вычислен для произвольной скорости подвижного состава.

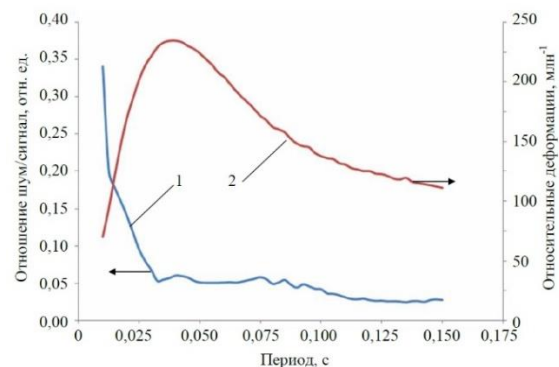


Рис. 5. Графики зависимости отношения шум / сигнал K_{NS} (1) и амплитуды полезного сигнала (2) от периода T эталонной функции

Для решения задачи поиска времен прохода колес над датчиками положительная составляющая сигналов Q_i не является информативной. Поэтому сигнал преобразовывался к виду

$$\tilde{\varepsilon}_i = \begin{cases} Q_i & Q_i < 0 \\ 0 & Q_i > 0 \end{cases}, \quad (3)$$

где $\tilde{\varepsilon}_i$ – фильтрованный сигнал симметричных деформаций, млн^{-1} .

На рис. 6 представлены графики зависимости симметричных деформаций от времени с первой пары датчиков, зарегистрированные от прохождения одной тележки, до и после фильтрации.

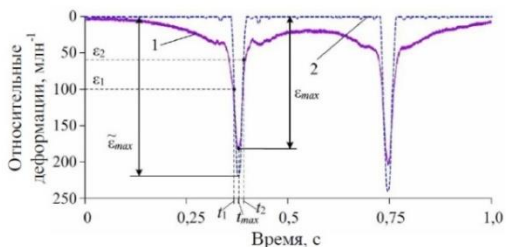


Рис. 6. Графики зависимости симметричных деформаций от времени до фильтрации (1) и после фильтрации (2) и схематическое описание порогового метода поиска времен прохода колесных пар над датчиками

Для поиска времен прохода колесных пар над датчиками использовался пороговый метод. Момент времени начала поиска t_1 определялся по уровню деформаций ε_1 , а окончание поиска – момент времени t_2 – по уровню деформаций ε_2 . Для предотвращения ранней остановки алгоритма поиска уровень деформаций ε_1 принимается равным $\varepsilon_1 = 3 \cdot \varepsilon_2$. После нахождения времен t_1 и t_2 в интервале между ними проводился поиск локального максимума. Время локального максимума $t_{\max}$ принималось в качестве момента прохода колес над датчиками.

Времена прохода колесных пар над датчиками являются информативными параметрами, на которых основывается анализ сигналов. Для повышения достоверности локации воздействия дефекта поверхности катания на рельс требуется достаточно высокая точность синхронизации движения колеса и выходных сигналов датчиков [4]. Анализ экспериментальных результатов показал, что времена прохода колесных пар над датчиками не всегда определяются с достаточной точностью. Это объясняется в первую очередь тем, что в сигналах присутствуют помехи, связанные как с электромагнитными шумами, так и с дефектами поверхности катания. На рис. 7 приведены результаты поиска времен прохода колесных пар, полученные программным обеспечением в автоматизированном режиме. Грубые ошибки в определении времен (рис. 7, а) проявляются в виде отклонения результатов от линейной зависимости. Коэффициент корреляции между найденными временами и координатами датчиков составляет $R = 0.85$.

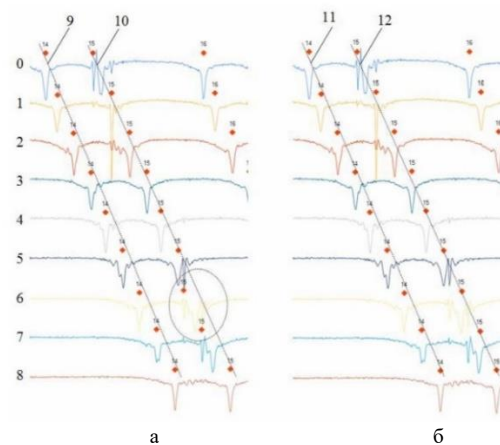


Рис. 7. Результаты определения времен прохода колес над парами датчиков с грубыми ошибками (а) и после исправления (б):

0.8 – сигналы симметричных деформаций; 9 – времена проезда 14-го колеса над датчиками до уточнения; 10 – времена проезда 15-го колеса над датчиками до уточнения; 11 – времена проезда 14-го колеса над датчиками после уточнения, 12 – времена проезда 15-го колеса над датчиками после уточнения

Для исключения грубых погрешностей при определении времен прохода колесных пар над датчиками разработан алгоритм уточнения [5]. В основе работы алгоритма заложена корреляция двух величин: расстояния между смежными датчиками, которые заранее известны и остаются постоянными, и временами прохода колес над датчиками. Блок-схема алгоритма приведена на рис. 8.

Работа алгоритма основана на поиске максимума коэффициента корреляции времен прохода колесных пар над датчиками с координатой пар датчиков.

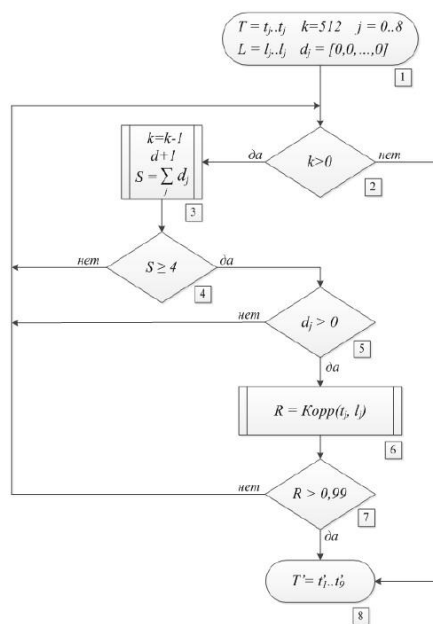


Рис. 8. Блок-схема [2] алгоритма уточнения времен
прохода колесных пар над датчиками

Используя маску (бинарное представление числа d), последовательно исключают времена из обработки и определяют коэффициент корреляции. При достижении порогового значения коэффициента корреляции $R = 0,99$ принимается гипотеза о наличии в исключенных временах грубой погрешности. Времена исправляются с использованием аппроксимации методом наименьших квадратов.

Выводы. Разработанный алгоритм определения временных параметров движения колесных пар над датчиком контроля базируется на методе оптимизации по минимуму отношения сигнал/шум. Предложенный метод фильтрации линейной свертки дает возможность исключить влияние шума, а корреляционный анализ позволяет избавиться от влияния импульсных помех. Благодаря предложенному алгоритму обработки выходного сигнала датчика, стало возможным разработать программу по определению времени прохода колеса над измерительным датчиком с погрешностью 0,5 – 1,0 % периода времени движения между двумя соседними датчиками.

Литература

1. Албаут Г.Н. Исследование геометрически и физически нелинейных проблем механики твердого тела методом нелинейной фотоупругости / Г.Н. Албаут, М.Х. Ахметзянов, Н.В. Харитонов // Ученые записки Казанского университета. Серия «Физико-математические науки». – 2010. – № 4. – С. 77-85.
2. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы: учебник для вузов / И.С. Гоноровский. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1986. – 512 с.
3. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображения в среде MATLAB / Р. Гонсалес, Р. Вудс, С. Эддинс. – М.: Техносфера, 2006. – 616 с.
4. Бехер С.А. Разработка методики браковки дефектов поверхности катания колесных пар в движении / С. А. Бехер, Л.Н. Степанова, А.С. Кочетков // Контроль. Диагностика. – 2011. – № 7. – С. 24-29.
5. Джиган, В. Адаптивные фильтры и их приложения в радиотехнике и связи / В. Джиган // Современная электроника. – 2009. – № 9. – С. 56-63.

References

1. Albaut G.N. Issledovanie geometricheski i fizicheski nelinejny`x problem mexaniki tverdogo tela metodom nelinejnoj fotouprugosti / G.N. Albaut, M.X. Axmetzyanov, N.V. Xaritonova // Ucheny`e zapiski Kazanskogo universiteta. Seriya «Fiziko-matematicheskie nauki». – 2010. – № 4. – С. 77-85.

2. Gonorovskij I.S. Radiotexnicheskie cepi i signaly`: uchebnik dlya vuzov / I.S. Gonorovskij. – 4-e izd., pererab. i dop. – М.: Radio i svyaz`, 1986. – 512 s.

3. Gonsales R. Cifrovaya obrabotka izobrazheniya v srede MATLAB / R. Gonsales, R. Vuds, S. E`ddins. – М.: Texnosfera, 2006. – 616 s.

4. Bexer S.A. Razrabotka metodiki brakovki defektov poverxnosti katanija kolesny`x par v dvizhenii / S. A. Bexer, L.N. Stepanova, A.S. Kochetkov // Kontrol`. Diagnostika. – 2011. – № 7. – С. 24-29.

5. Dzhigan, V. Adaptivny`e fil`try` i ix prilozheniya v radiotexnike i svyazi / V. Dzhigan // Sovremennaya e`lektronika. – 2009. – № 9. – С. 56-63.

Miroshnikov V.V., Bogdanov V.P.

DETERMINATION OF WHEEL PAIR PASSAGE TIME ABOVE SENSOR LOCATED ON RAIL NECK

An algorithm for filtering the sensor output signal during the passage of a wheelset has been proposed, and software has been developed to determine the travel time of a wheel over the sensor with a given accuracy.

Key words: wheelset, sensor, signal filtering, driving speed.

Мирошников Вадим Владимирович, д.т.н., профессор, проректор по научно-учебной работе, заведующий кафедрой «Приборы», ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

E-mail: prorectormvv@mail.ru

Miroshnikov Vadim Vladimirovich, vice-rector for scientific and educational work, head of the department «Devices», doctor of technical sciences, professor of SEE HT LPR «Lugansk Vladimir Dahl State University», Lugansk.

Богданов Валерий Павлович, старший преподаватель кафедры экономики и транспорта Антрацитовского факультета геосистем и технологий менеджмента ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

E-mail: valerij448@mail.ru

Bogdanov Valery Pavlovich, senior lecturer of the Department of Economics and Transport of the Anthracite Faculty of Geosystems and Management Technologies of SEE HT LPR «Lugansk Vladimir Dahl State University», Lugansk.

Рецензент: Захарчук Александр Сидорович, доктор технических наук, профессор кафедры «Электроэнергетика» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 13.01.2022

УДК 621.313

ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ НАСОСЫ С РАБОЧИМ КОЛЕСОМ БЕЗ МЕХАНИЧЕСКИХ ОПОР

Ерошин С.С., Победа Т.В., Гречишкина Н.В.

CENTRIFUGAL PUMPS WITH IMPELLER WITHOUT MECHANICAL SUPPORTS

Yeroshin S.S., Pobeda T.V., Grechishkina N.V.

Разработаны и изготовлены два опытных образца центробежных насосов с рабочим колесом без механических опор со спиральным и соосным отводом жидкости. Единственной подвижной деталью этих насосов есть рабочее колесо, которое осуществляет устойчивое вращение в магнитном поле и не имеет механических опор. Принципиальным преимуществом насосов с прямым приводом на основе дискового асинхронного двигателя является высокая герметичность их корпуса. Это повышает надежность насосов и позволяет использовать их для перекачивания химически активных, криогенных и агрессивных жидкостей.

Ключевые слова: насос, механическая опора, вал, отвод жидкости.

Введение. Рабочие колёса центробежных, вихревых или дисковых насосов осесимметричны, технологическая нагрузка, как правило, также симметрична и прикладывается по всей поверхности. Полезная работа происходит в условиях вязкого сопротивления, величина которого пропорциональна скорости вращения [1, 2].

Таким образом, выполняются основные условия обеспечения устойчивого вращения рабочих колёс без использования механических опор.

Если без механического контакта обеспечить передачу на рабочее колесо крутящего момента и сил, обеспечивающих устойчивость его положения (имитирующих реакции опор), то конструкция насоса может быть кардинально изменена. Исключение вала с фиксирующими его подшипниками и уплотнений по валу приведёт к значительному упрощению конструкции насоса. Это позволит снизить габариты и массу, повысить герметичность и надёжность насоса, снизить его себестоимость [2, 3].

Отличительной особенностью насосов является то, что насос не имеет вала, а значит, не используются подшипники и уплотнения. Насос имеет многоблочную конструкцию, в центре корпуса которого, располагается рабочее колесо, которое является якорем многофазного индукторного двигателя. Таким образом, якорь, являясь вторичным элементом электрической

машины, преобразует электроэнергию в механическую, которая приводит в движение рабочую жидкость. Необходимым условием работоспособности конструкции является то, чтобы форма «якоря-рабочего колеса» соответствовала критерию устойчивого вращения, разработанного нами [3].

Основная часть. Предложено два варианта компоновки насосов: со спиральным отводом жидкости и с соосным отводом жидкости.

Центробежный насос со спиральным отводом жидкости (рис. 1) является традиционным. Он состоит из нижнего и верхнего корпусов и улиты. В корпусах закреплены статоры и, которые имеют трехфазные обмотки. Крепление статоров выполняется с помощью болтов и гаек. Выводы обмоток и проходят через отверстия в корпусах и и закреплены на клеммах.

В центре корпусов установлены пластиковые втулки, которые препятствуют смещению рабочего колеса в осевом направлении. Они также обеспечивают гарантированные зазоры между поверхностями колеса и статорами и на уровне 0,15...0,20 мм. Такие зазоры необходимы для минимизации объемных потерь. В центральной области насоса установлено рабочее колесо. К верхнему корпусу прикреплен распределительная коробка с помощью болтов, а также в нем установлено обзорное окошко. Корпуса скреплены болтами.

В такой конструкции двигатель совмещен с насосом, а передача вращающего момента осуществляется бесконтактным способом непосредственно на рабочее колесо. Отведение жидкости осуществляется с помощью улиты.

Насосы со спиральным отводом отклоняют направление течения жидкости на угол 90°. Принципиальным преимуществом применения дискового асинхронного двигателя (ДАД) в таких насосах является то, что рабочее колесо в своей центральной части свободно от механических связей.

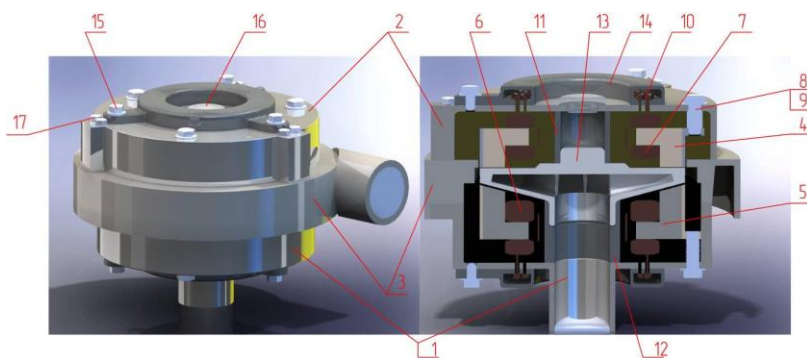


Рис. 1. Модель центробежного насоса со спиральным отводом жидкости:
1 – нижний корпус; 2 – верхний корпус; 3 – улитка; 4, 5 – статоры; 6, 7 – трехфазные обмотки;
8, 15, 17 – болты; 9 – гайки; 10 – клеммы; 11, 12 – пластиковые втулки; 13 – рабочие колеса;
14 – распределительная коробка; 16 – обзорное окошко

У насоса с рабочим колесом без механических опор, разработанного на основе ДАД, отсутствует внешний электродвигатель. Это позволило создать насос с соосным отводом жидкости [3, 4].

Корпус такого насоса выполнен таким образом, чтобы поворот жидкости осуществлялся внутри него (рис. 2). Для уменьшения гидравлических потерь, при изменении направления движения потока, осуществляется медленное увеличение скорости жидкости за счет плавного уменьшения поперечного сечения отводного канала.

Насос с соосным отводом жидкости (рис. 3) состоит из нижнего корпуса, верхнего конусообразного корпуса и переходного кольца. Части корпуса соединены с помощью болтов. В нижнем корпусе расположен статор с трехфазной обмоткой. Выводы обмотки проходят через отверстия в корпусе, к клеммной коробке. Магнитопровод закреплен в переходном кольце. Над статором находится рабочее колесо, которое вращается под действием магнитного поля. Втулки и необходимы для создания гарантированных зазоров между рабочим колесом и поверхностями статора и магнитопровода на уровне 0,15...0,20 мм, что способствует уменьшению объемных потерь.

Для снижения гидравлических потерь над магнитопроводом расположен обтекатель.

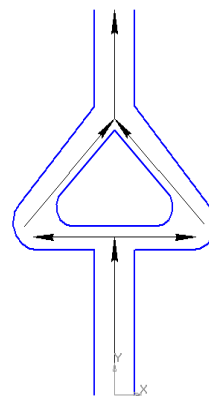


Рис. 2. Схема движения жидкости в насосе с соосным отводом

В такой конструкции вращающий момент передается на рабочее колесо бесконтактно – посредством вращающегося магнитного поля. Отсутствие вала позволяет существенно уменьшить габариты и массу насоса.

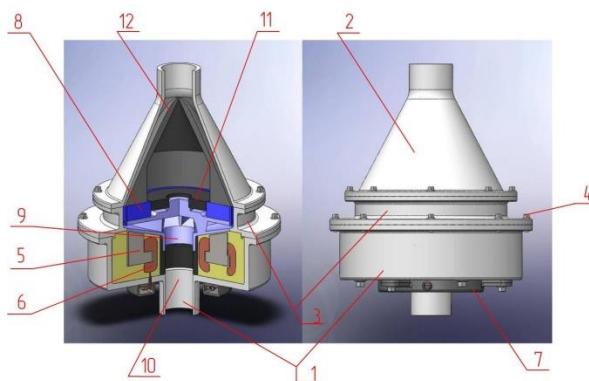


Рис. 3. Модель насоса с соосным отводом жидкости:
1 – нижний корпус; 2 – верхний конусообразный корпус; 3 – переходное кольцо; 4 – болты;
5 – статор; 6 – трехфазная обмотка; 7 – клеммная коробка; 8 – магнитопровод; 9 – рабочее колесо;
10, 11 – втулки; 12 – обтекатель

Результаты исследований. Были сконструированы и изготовлены два центробежных насоса с рабочим колесом без механических опор: ЦНС-1 и ЦНО-1. Центробежный насос ЦНС-1 (рис. 4) имеет спиральный отвод жидкости, а насос ЦНО-1 (рис. 5) изготовлен с соосным отводом.

представляют собой агрегаты, которые в одном корпусе содержат и центробежный насос, и двигатель. Они не имеют вала и подшипников. Рабочее колесо насосов (рис. 6) выполнено из немагнитного токопроводящего материала. Технические параметры насосов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Технические параметры насосов ЦНС-1 и ЦНО-1

Технический параметр	ЦНС-1	ЦНО-1
Диаметр, мм	200	180
Высота, мм	170	225
Масса, кг	6,4	7,3
Потребляемая мощность, Вт	до 700	до 700



Рис. 4. Насос со спиральным отводом жидкости ЦНС-1



Рис. 5. Насос с соосным отводом жидкости ЦНО-1



Рис. 6. Рабочее колесо центробежного насоса

Для проверки работоспособности насосов в промышленных условиях проведены их опытные испытания на Краснодарском заводе «Автоагрегат». На испытаниях насосы работали на градирни, которая используется в системе замкнутого цикла

воды при охлаждении деталей после термообработки. Насосы отработали в рабочем режиме в течение 400 часов. Результаты их испытаний приведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты опытных испытаний насосов ЦНС-1 и ЦНО-1 на Краснодарском заводе «Автоагрегат»

Тип насоса	Средняя мощность, Вт	Средняя производительность, м ³ /час	Напор, м	Частота вращения рабочего колеса, об/мин
ЦНС-1	650	0,58	15	2400-2500
ЦНО-1	720	0,6	14	2350-2450

Центробежные насосы ЦНС-1 и ЦНО-1 с рабочим колесом без механических опор, разработанные на основе ДАД, обеспечивают следующие преимущества:

- единственной движущейся деталью насоса является рабочее колесо, совершающее под действием магнитного поля устойчивое вращение в рабочей жидкости;

- в конструкции отсутствуют вал и подшипниковые узлы, что обеспечивает уменьшение массы и габаритов насоса;

- насос не имеет уплотнений по валу, что значительно повышает его герметичность, позволяя перекачивать особо ядовитые, агрессивные и криогенные жидкости;

- насос обладает более высокой надежностью, так как основная часть отказов динамических насосов связана с износом уплотнений и подшипников, которые в новой конструкции отсутствуют;

- простота конструкции облегчает изготовление и обеспечивает снижение себестоимости насоса;

- существенно облегчаются ремонт и техническое обслуживание насоса;

- более низкий уровень вибраций и шума при работе насоса.

Выводы. В ходе испытаний опытные образцы центробежных насосов ЦНС-1 и ЦНО-1 с герметичной конструкцией и рабочим колесом без механических опор показали свою работоспособность, высокий уровень герметичности корпуса, низкий уровень шума.

Приведен центробежный насос, рабочее колесо которого не имеет вала, подшипниковых узлов и уплотнений. Корпус такого насоса принципиально не имеет утечек, что обеспечивает ему герметичность и высокую надежность.

Л и т е р а т у р а

1. Свечарник Д.В. Электрические машины непосредственного привода. Безредукторный привод. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 208 с.

2. Проектирование механизмов и приборов / Н.Ф. Руденко, Н.С. Козловский, Г.И. Сосунов и др. – М.: Недра, 1969. – 592 с.

3. Мирошник С.А. Применение торцевого асинхронного двигателя для непосредственного привода рабочего колеса центробежного насоса / С.А. Мирошник, С.С. Ерошин, В.Е. Брешев // Тр. МНТК «Физические и компьютерные технологии». – Харьков: МНТК ФЭД, 2008. – С. 401-403.

4. Ерошин С.С., Мирошников В.В., Махортова Н.В., Победа Т.В. Конструктивные особенности машин с прямым приводом кольцевых рабочих органов. Монография – Луганск-Донецк: Изд-во ЛНУ им. В. Даля, ООО НПП «Фолиант», 2019. – 116 с.

R e f e r e n c e s

1. Svecharnik D.V. Electric direct drive machines. Gearless drive. - M.: Energoatomizdat, 1988. - 208 p.

2. Designing mechanisms and devices / N.F. Rudenko, N.S. Kozlovsky, G.I. Sosunov, etc. - M.: Nedra, 1969. - 592 p.

3. Miroshnik S.A. Application of an end asynchronous motor for direct drive of the impeller of a centrifugal pump / S.A. Miroshnik, S.S. Yeroshin, V.E. Breshev // Tr. MNTK "Physical and computer technologies". - Kharkiv: MNTK FED, 2008. - pp. 401-403.

4. Yeroshin S.S., Miroshnikov V.V., Makhortova N.V., Pobeda T.V. Design features of machines with direct drive of ring working bodies. Monograph - Lugansk-Donetsk: Publishing House of V. Dal LNU, LLC NPP "Foliant", 2019. - 116p.

**Yeroshin S.S., Pobeda T.V., Grechishkina N.V.
CENTRIFUGAL PUMPS WITH IMPELLER WITHOUT
MECHANICAL SUPPORTS**

Two prototypes of centrifugal pumps with an impeller without mechanical supports with spiral and coaxial fluid discharge have been developed and manufactured. The only movable part of these pumps is the impeller, which performs stable rotation in a magnetic field and has no mechanical supports. The principal advantage of direct-drive pumps based on DAD is the high tightness of their housing. This increases the reliability of the pumps and allows them to be used for pumping chemically active, cryogenic and aggressive liquids.

Keywords: pump, mechanical support, shaft, fluid discharge

Ерошин Сергей Сергеевич, д.т.н., профессор кафедры «Приборы» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

E-mail: sergey.yeroshin@gmail.com

Yeroshin Sergey Sergeevich, Doctor of Sciences, a professor of the Chair «Device», SEE HT LPR "Lugansk Vladimir Dahl State University".

Победа Татьяна Валерьевна, к.т.н., доцент кафедры «Приборы» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

E-mail: pobeda-tatyana@rambler.ru

Pobeda Tatyana Valer'evna, Candidate of Sciences, a docent of the Chair «Device», SEE HT LPR "Lugansk Vladimir Dahl State University".

Гречишкіна Наталья Владимировна, старший преподаватель кафедры «Приборы» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

E-mail: natalisha.grech@mail.ru

Grechishkina Nataliya Vladimirovna, deputy dean of the faculty of instrumentation, electrical and biotechnical systems, SEE HT LPR "Lugansk Vladimir Dahl State University".

Рецензент: Мирошников Вадим Владимирович, д.т.н., проф. ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

Статья подана 19.10.2021

УДК 004.7, 004.9

ВОЗМОЖНОСТИ И УСЛОВИЯ ПОСТРОЕНИЯ ОТКАЗОУСТОЙЧИВОГО ЯДРА СЕТИ ПОДВИЖНОЙ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ В ЛНР

Бобылев В.В., Победа Т.В., Швец С.Н.

POSSIBILITIES AND CONDITIONS FOR BUILDING A FAULT-TOLERANT MOBILE TELECOMMUNICATION NETWORK CORE IN THE LPR

Bobylev V.V., Pobeda T.V., Shvets S.N.

В данной работе проводится анализ необходимости в построении отказоустойчивого ядра сети подвижной электросвязи в ЛНР, а также технической возможности выполнения данной задачи. Рассмотрена структура мобильной сети, условия коммутирования и масштабирования оборудования, а также вопросы передачи потоков данных с точки зрения безопасности. Предложена схема общей конфигурации сети, в соответствии с которой в республике реализовано построение на технических площадках «Солнечный» и «Монтажная».

Ключевые слова: электросвязь, маршрутизация, VRF, VOLC, PPL

Введение. К концу 2014 г. на территории Луганской Народной Республики сложился очевидный кризис средств гражданской подвижной электросвязи. Стало очевидно, что необходимо строить свои, внутренние сети связи. С подвижной телефонной электросвязью возникли определенные сложности, связанные с тем, что сеть мобильного оператора является технически очень сложным объектом, а требования к персоналу, оборудованию и линиям связи крайне высокими. Предполагая построение сети высокой отказоустойчивости и работоспособности большинство связей должно быть продублировано минимум двукратно. Отказ любого элемента или линии связи не должно приводить к выходу из строя всей сети или её весомой части. Кроме того, необходимо иметь постоянный контроль за её работой. Это подразумевает наличие многоуровневой системы мониторинга сети [1-3].

Изложение основных материалов. Так как сеть мобильного оператора является технически крайне сложным объектом, её структуру можно условно разделить на элементы по ряду признаков.

Наиболее явным делением можно считать на ядро и периферию (рис. 1). Условно ядром сети можно считать все оборудование, находящееся на центральной площадке или нескольких центральных площадках (что является предпочтительным в целях повышения отказоустойчивости) и непосредственно

соединённое центральными коммутаторами и маршрутизаторами. Периферийными частями сети условно можно считать все оборудование и узлы связи, расположенные вне этих технических площадок. Для связи с периферийным оборудованием используются подземные или воздушные ВОЛС или РРЛ. Наиболее типичными представителями периферийного оборудования можно считать коммутационные узлы и базовые станции.

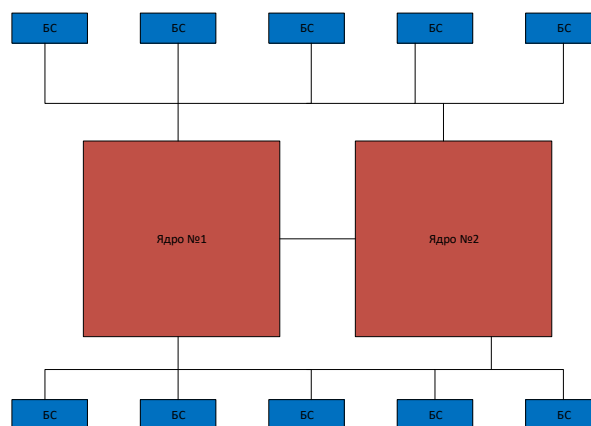


Рис. 1. Структура мобильной сети

Крайне обязательным является дублирование всего коммутационного и маршрутизирующего оборудования в ядре сети минимум дважды. Желательно применять модульные маршрутизаторы с использованием двух модулей управления в режиме горячего резервирования.

Каждый элемент ядра сети (HLR/HSS, MSS/MSC, BSC, RNC, MGW, GGSN, SGSN, и т.п.) должен иметь минимум две коммутационных платы для организации связности с другими узлами и две ОАМ. При этом логически должно быть построено две связи с маршрутами через разные коммутаторы и маршрутизаторы (рис. 2), где это возможно, с применением динамической маршрутизации (OSPF либо BGP). В этом случае выход из строя любого из

элементов транспортной сети не повлечет катастрофических последствий и отказа в обслуживании. Все коммутации, не защищенные на уровне маршрутизации, должны быть продублированы при помощи RSTP (применение иных подобных протоколов не рекомендуется в виду их привязки к определенному вендору).

Также желательно дублировать и сами элементы ядра сети устанавливая, например, дублирующие MSS/MS, BSC и пр. с целью повышения отказоустойчивости и упрощения масштабирования сети. Желательно разнести их географически с целью снижения влияния факторов непреодолимой силы (мародерство, боевые действия, природные катаклизмы, техногенные катастрофы и т.п.), а также влияние человеческого фактора.



Рис. 2. Модульный маршрутизатор Cisco ASR

Условно ядро делится на пользовательскую часть (user space) и служебную часть (kernel space). Очевидно, что в целях безопасности потоки данных, предназначенных пользователю или отправленные им, и потоки технологических данных ни при каких обстоятельствах не должны смешиваться. При этом разграничение на уровне фаерволов возможно, но предпочтительным является разграничение на

маршрутизаторах с помощью VRF (рис. 3). Это позволяет изолировать абстракции друг от друга, дает возможность иметь несколько таблиц маршрутизации и разделять потоки передаваемых пакетных данных.

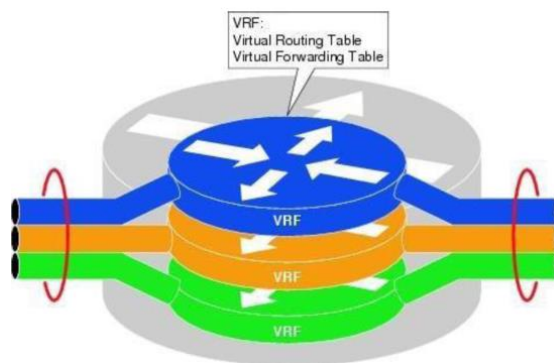


Рис. 3. Схема разграничения на маршрутизаторах с помощью VRF

Транспорт данных на коммутаторах должен быть разделен на отдельные VLAN. Каждая сетевая ассоциация должна использовать один или несколько отдельных VLAN.

Принципиально схема сети подвижной электросвязи стандарта GSM/UMTS/LTE выглядит так, как показано на рис. 4. Некоторые связности служат для запуска специфичных сервисов (например, voice over lte или для услуги роуминга). Для упрощения строительства сети некоторые узлы могут быть объединены. Например: MME, SGSN, SGW и PGW – это один узел от компании Cisco, а HSS и HLR совмещены в одну программную платформу от компании Proteus и развернуты на четырех нодах (отдельные сервера). На схеме хорошо видно, что каждый узел имеет большое количество соединений – ассоциаций.

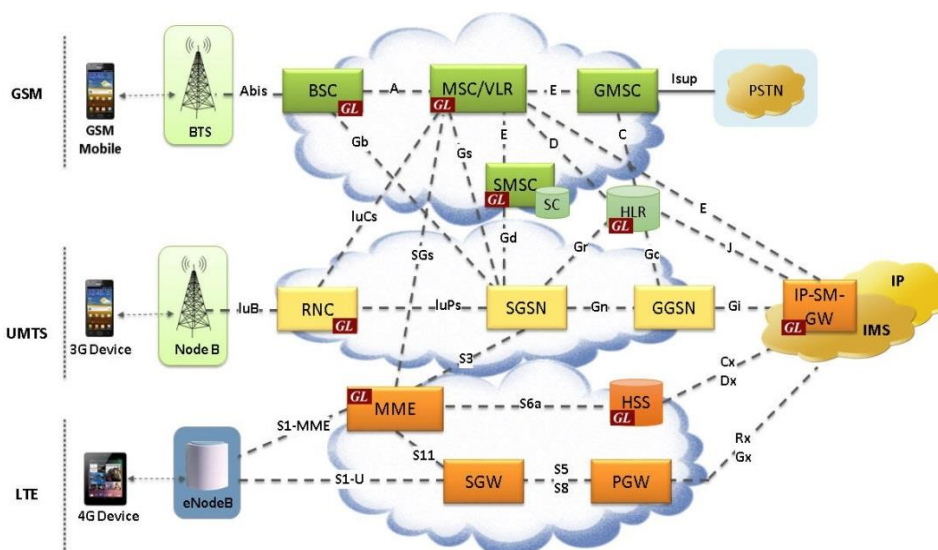


Рис. 4. Схема сети подвижной электросвязи стандарта GSM/UMTS/LTE

Результаты исследований. С целью построения мобильной сети на территории ЛНР предложена общая конфигурация. Так как сеть подвижной электросвязи должна быть надежной и выдерживать любые сбои, как программные, так и аппаратные, считаем, что всех элементов сети будет не менее двух. Разнесены они будут на две независимые площадки. Каждая из площадок снабжена двумя энерговоддами, аккумуляторными стойками и дизельгенераторными станциями (ДГУ). Сами площадки связаны между собой ВОЛС. Маршруты прокладки основного ВОЛС и резервного обязательно разнесены географически. Коммутируются площадки между собой широкополосными интерфейсами (не менее 10 Гб).

Предложенная система реализована в республике, технические площадки называются условно «Солнечный» и «Монтажная».

При реализации сети в основу транспортной сети было использовано следующее оборудование:

1. Cisco 7606, 2шт, в комплектации;
 - 1.1. 7600-SIP-600 и два интерфейсных модуля SPA-10X1GE-V2;
 - 1.2. Платы управления WS-SUP720-3BXL, 2шт.;
 - 1.3. Cisco 7600-ES20-10G.

2. Cisco catalyst 3750.

3. Cisco Nexus 3000, 2шт.

На рис. 5 представлена схема коммутации и маршрутизации IP-транспорта в сети.

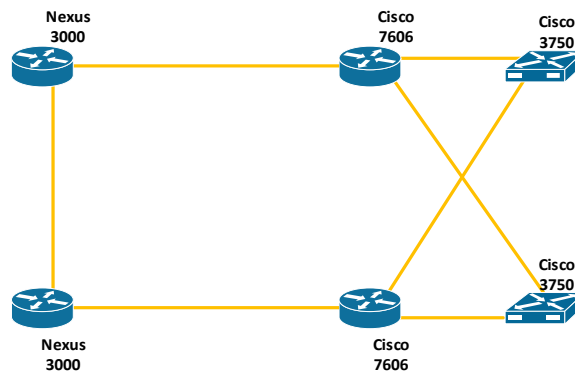


Рис. 5. Схема коммутации и маршрутизация IP-транспорта в обоих ядрах сети

На площадке «Солнечный» планируется работа двух Nexus 3000. Коммутаторы Cisco catalyst 3750 и маршрутизаторы Cisco 7606 планируются для установки на площадке «Монтажная» (рис. 6).

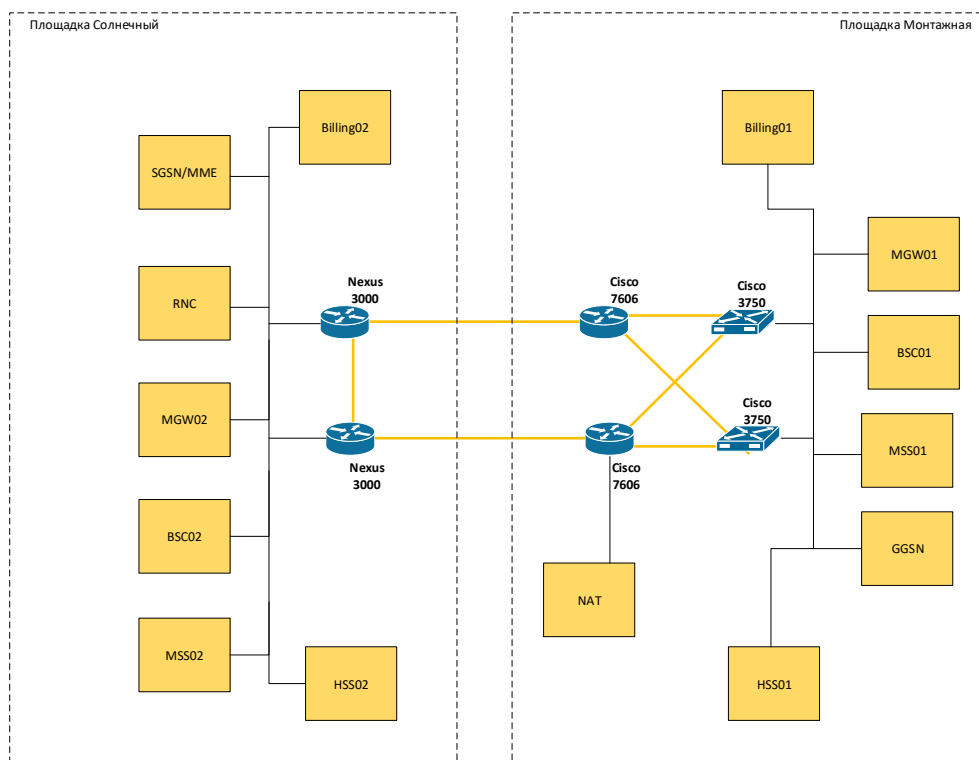


Рис. 6. Размещение оборудования по техническим площадкам

Так как Cisco 7606 в настоящее время не являются высокопроизводительной платформой, потребление ресурсов необходимо будет оптимизировать. Для NAT будет установлено отдельное оборудование. А количество сессий

динамической маршрутизации должно быть сведено к минимуму.

При размещении оборудования по техническим площадкам с целью повышения отказоустойчивости максимальное количество оборудования должно

быть дублировано. При этом дублирование необходимо осуществлять между площадками.

Однако каждый объект индивидуален и нужно исходить не только из теоретических данных, но и учитывать технические возможности заказчика. Так на рис. 6 представлена одна из схем размещения оборудования. В предложенном варианте, исходя из конкретного технического задания, у заказчика всего один RNC, SGSN/MME и GGSN. Они уже размещены на технических площадках и перемещать их нельзя. Исходя из того, что они в единственном экземпляре, то дублировать их нет возможности.

NAT может быть осуществлен на выбор двумя разными устройствами:

1. Cisco ASR;
2. Juniper MX5t.

Так как невозможно организовать одновременную работу двух роутеров в режиме трансляции адресов (ограничение GGSN), будет настроено оба устройства. Одно будет являться основным, а второе – резервным. Оно будет смонтировано, но выключено. В случае аварийной ситуации на первом, необходимо будет только выключить вышедший из строя роутер и включить резервный.

Выводы. Доказана необходимость в построении сети подвижной электросвязи, а также техническая возможность построения таковой. Для контроля её состояния и оценки загруженности линий передачи данных необходимо развернуть комплекс программных средств. Помимо этого, требуется построить сопутствующие сервисные системы: система организации и контроля удаленного доступа [1], DNS [4, 5], экстренного оповещения, хранения критически важной информации [6] и пр.

Л и т е р а т у р а

1. <http://pritunl.com>
2. <http://zabbix.com>
3. <http://grafana.com>
4. <https://www.isc.org/bind/>
5. <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc1035>
6. <http://mysql.com>

R e f e r e n c e s

1. <http://pritunl.com>
2. <http://zabbix.com>.
3. <http://grafana.com>.

4. <https://www.isc.org/bind/>.
5. <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc1035>
6. <http://mysql.com>.

Bobylev V.V., Pobeda T.V., Shvets S.N.

POSSIBILITIES AND CONDITIONS FOR BUILDING A FAULT-TOLERANT MOBILE TELECOMMUNICATION NETWORK CORE IN THE LPR

This paper analyzes the need to build a fault-tolerant mobile telecommunication network core in the LPR, as well as the technical feasibility of performing this task. The structure of the mobile network, conditions for switching and scaling of equipment, as well as issues of data flow transmission from the point of view of security are considered. The scheme of the general configuration of the network is proposed, according to which the construction is implemented in the republic at the technical sites "Solnechny" and "Montazhnaya".

Keywords: telecommunication, routing, VRF, fiber-optic communication line, RRL

Бобылев Владимир Валерьевич, начальник отдела эксплуатации и развития транспортной сети ГУП ЛНР Луганские коммуникации.

E-mail: shturmn@gmail.com

Bobylev Vladimir Valer'evich, Head of Operations and development of the transport network Telematics LLC.

Победа Татьяна Валерьевна, к.т.н., доцент кафедры «Приборы» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

E-mail: pobeda-tatyana@rambler.ru

Pobeda Tatyana Valer'evna, Candidate of Sciences, a docent of the Chair «Device», SEE HT LPR "Lugansk Vladimir Dahl State University".

Швец Светлана Николаевна, к.т.н., доцент кафедры «Приборы» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

E-mail: myblok@yandex.ua

Shvets Svetlana Nikolayevna, Candidate of Sciences, a docent of the Chair «Device», SEE HT LPR "Lugansk Vladimir Dahl State University".

Рецензент: Мирошников Вадим Владимирович, д.т.н., проф. ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

Статья подана 19.09.2021 года

УДК 621.867

ДЕФЕКТОСКОПИЯ СТАЛЬНЫХ КАНАТОВ

Бодрухин А.Н., Кочергин А.В., Победа Т.В.

FLAW DETECTION OF STEEL ROPES

Bodrukhin A.N., Kochergin A.V., Pobeda T.V.

Для проведения диагностики стальных канатов применяются различные приборы и устройства, которые используют магнитные методы неразрушающего контроля.

Проведен обзор дефектов, наиболее часто возникающих при эксплуатации стальных канатов. А также рассмотрен ряд различных приборов и устройств, применяемых и разрабатываемых для проведения дефектоскопии стальных канатов.

Ключевые слова: неразрушающий контроль, дефектоскопия, магнитный метод, дефектоскоп, стальные канаты, датчик.

Стальные канаты являются основным тяговым элементом разнообразных подъемных машин, механизмов и оборудования. Стальные канаты широко применяются в гражданском и транспортном строительстве, а также в индустрии отдыха. Необходимые уровни надежности и безопасности сооружений, конструкций, машин, механизмов, использующих стальные канаты определяются прежде всего, их качеством изготовления и текущим техническим состоянием. В процессе длительной эксплуатации стальные канаты подвергаются влиянию различных негативных факторов, среди которых следует отметить значительные нагрузки, трение и износ, коррозия, пластическая деформация и т.п. Длительное воздействие негативных факторов на стальные канаты приводит к появлению разнообразных дефектов и, как следствие, к ухудшению потребительских характеристик канатов. В качестве наиболее типичных дефектов стальных канатов можно упомянуть: обрыв проволок; износ; коррозию; уменьшение площади сечения; расплющивание; выдавливание; расплетание прядей и проволок в свивке и т.п.

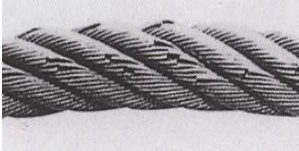
На работоспособность каната при его правильном подборе и применении, т.е. правильно выбрана конструкция каната, его размер, разрывное усилие проволок, а также диаметр барабана и шкивов, радиус желобов шкивов и других конструктивных характеристиках подъемного оборудования, оказывают влияние два определяющих фактора: коррозия и механический

износ. В зависимости от условий эксплуатации тот или иной фактор является определяющим для изъятия каната из эксплуатации.

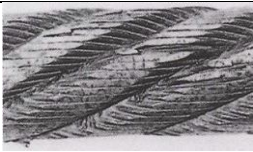
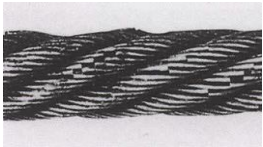
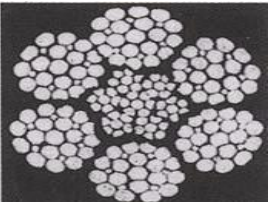
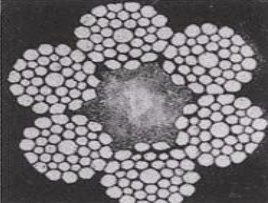
Основные виды износа и коррозионного разрушения канатов сведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1

Дефекты стального каната

Дефекты стального каната	Внешнее проявление
Локализованный износ вследствие абразивного истирания на опорной конструкции	
Узкая полоса износа, приводящая к усталостным разрушениям, вызванным работой в слишком больших желобах или по слишком малым опорным роликам	
Сильная коррозия	
Две параллельные полосы оборванных проволок, свидетельствующие об изгибе при движении по слишком узкому желобу шкива	
Сильный износ каната односторонней свивки, вызванный абразивным истиранием	

Продолжение табл. 1.1

Дефекты стального каната	Внешнее проявление
Сильный износ, связанный с высоким опорным давлением	
Типичные порывы проволок в результате усталости при изгибе	
Порывы проволок в точках сопряжения прядей или прядей с сердечником	
Внутренняя коррозия, в то время как наружная поверхность имеет мало признаков разрушения	
Значительный износ и сильная внутренняя коррозия	

Для оценки технического состояния стальных канатов широко применяются различные методы неразрушающих испытаний: визуальные, магнитные, электроискровые.

Наиболее эффективными являются электромагнитные методы контроля состояния стальных канатов, которые позволяют проводить определение повреждений практически всех типов.

В соответствии с РД 03-348-00 «Методические указания по магнитной дефектоскопии стальных канатов. Основные положения», утвержденным Постановлением Госгортехнадзора России от 30.03.2000г. №11 и введенным в действие 20.04.2000г., дефектоскопию стальных канатов выполняют одним из перечисленных ниже магнитных методов неразрушающего контроля (НК) согласно ГОСТ 18353-79:

методом переменного магнитного поля с использованием индуктивных катушек в качестве измерительных датчиков;

методом постоянного магнитного поля с использованием индуктивных катушек и (или) датчиков Холла в качестве измерительных датчиков.

Магнитная дефектоскопия стальных канатов представляет собой вид неразрушающего контроля канатов, являющегося частью работ по обследованию подъемных сооружений и имеющего целью:

- определение состояния контролируемых канатов;
- принятие решения о соответствии канатов требованиям безопасной эксплуатации подъемного сооружения, оснащенного канатами.

При использовании переменного магнитного поля магнитный поток вдоль продольной оси участка контролируемого каната создают посредством возбуждающей индуктивной катушки с переменным током, охватывающей канат.

Измерительная катушка также охватывает канат, и в ней индуцируется электродвижущая сила (э.д.с.), зависящая от площади поперечного металлического сечения каната.

Метод переменного магнитного поля используют, как правило, только для измерения потери площади сечения канатов.

Метод постоянного магнитного поля используют как для измерения потери площади сечения каната, так и для обнаружения локальных дефектов. Постоянный магнитный поток вдоль продольной оси участка контролируемого каната создают постоянными магнитами или электромагнитами постоянного тока. Общий магнитный поток (или часть этого потока), создаваемый постоянными магнитами или электромагнитом, измеряют датчиками Холла либо другими датчиками, пригодными для измерения абсолютного значения магнитного потока или изменений этого потока. Сигнал датчиков зависит от магнитного потока через участок контролируемого каната и, следовательно, от площади металлического сечения этого участка.

Локальные дефекты каната, например, обрывы проволок, создают поблизости магнитные потоки рассеяния, регистрируемые датчиками Холла, катушками или другими магниточувствительными элементами. Сигналы датчиков зависят не только от размеров локальных дефектов, но и от их типа и положения. Поэтому определить количественно параметры дефектов обычно затруднительно. Качественный анализ полученной информации о локальных дефектах выполняют по дефектограммам на основании накопленного опыта.

Магнитный неразрушающий контроль в последние годы все более широко начинает применяться для дефектоскопии таких канатов, изготовленных из ферромагнитных материалов.

Принцип магнитной дефектоскопии основан на оценке магнитного потока вдоль участка каната и регистрации изменений в его распределении. Эти изменения могут быть обусловлены рядом причин: изменением площади поперечного сечения каната, наличием обрывов проволок, изменением магнитных свойств материала проволок, например,

из-за локального термического воздействия, приводящего к изменению структуры металла.

Современные измерители износа стальных канатов (дефектоскопы) реализуют магнитный вид неразрушающего контроля и предназначены для диагностики круглых стальных канатов различных диаметров и конструкций как при их производстве (выходной контроль), так и в процессе эксплуатации.

Магнитные дефектоскопы обеспечивают измерение потери сечения (ПС) и обнаружение локальных дефектов (ЛД) как на поверхности каната, так и внутри него.

В большинстве случаев дефектоскоп состоит из магнитной головки (МГ), использующей в качестве магниточувствительных элементов датчики Холла, и электронного блока (ЭБ). Модельный ряд МГ позволяет выполнять дефектоскопию канатов различного диаметра. ЭБ обеспечивает управление работой дефектоскопа и визуализацию данных диагностики. Он имеет встроенную память для хранения результатов дефектоскопии (дефектограмм по каналам ПС и ЛД) каната и возможность сопряжения с внешним устройством регистрации и обработки информации с применением соответствующего программного обеспечения. Как правило, МГ оснащается счетчиком метража – устройством для определения ее положения на контролируемом канате. Информация со счетчика метража позволяет однозначно «привязывать» обнаруженные дефекты к конкретному месту проконтролированного участка каната.

При магнитной дефектоскопии для измерения потери сечения каната и обнаружения локальных дефектов используется метод, основанный на регистрации магнитного поля рассеяния. Принцип действия магнитоскопа приведен на рис. 1.

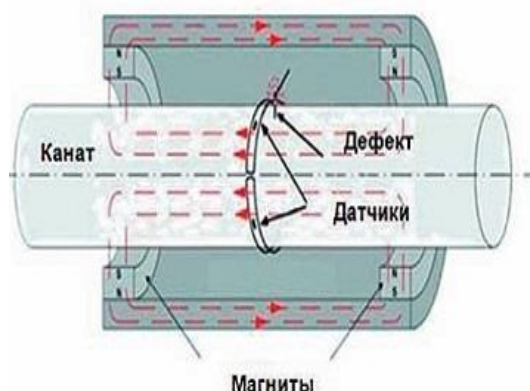


Рис. 1. Принцип действия дефектоскопа

Магнитный поток вдоль оси контролируемого участка каната создают магниты, установленные в МГ дефектоскопа. Охватываемый МГ участок каната намагничивается до состояния, близкого к магнитному насыщению. Измеряемая с помощью магниточувствительных датчиков величина

индукции магнитного поля пропорциональна изменению площади поперечного сечения каната по металлу относительно номинального значения. Физические нарушения целостности каната (ЛД типа обрывов проволок, точечной сварки, коррозионных язв и т.п.) создают вблизи этих дефектов магнитный поток рассеяния, который также регистрируется магниточувствительными датчиками.

Кроме этого, МГ позволяет обнаружить участки каната, подвергшиеся в процессе эксплуатации воздействию токов высокой частоты и/или температуры, что может приводить к изменению структуры металла проволок каната или к их деформации.

В различных странах мира в настоящее время выпускается около 15 моделей канатных дефектоскопов. В России выпускаются две модели: УДК-З (изготавливается в Екатеринбурге) и «Интрос» (изготавливается в Москве). Наиболее совершенной моделью из всех известных в мировой практике является российский дефектоскоп «Интрос».

Дефектоскоп «Интрос» состоит из электронного блока (ЭБ) и магнитной головки (МГ) со сменным блоком датчиков (БД). К электронному блоку может быть подключена любая магнитная головка для контроля соответственно круглых и плоских стальных, а также резинобуксовых канатов. Одновременно к электронному блоку может быть подключена только одна магнитная головка. Принципиальная схема магнитной головки для круглых канатов с блоком датчиков представлена на рис. 2.

Магнитная система МГ намагничивает участок контролируемого каната. Магнитные поля рассеяния, вызванные дефектами каната, создают на выходе блока датчиков электрический сигнал, который после усиления и преобразования в цифровую форму обрабатывается в микропроцессоре. В микропроцессор поступают также импульсы со счетчика метража. Получаемая информация запоминается и выводится на световой индикатор ЭБ, а также может быть передана на внешний компьютер для хранения, обработки и последующего анализа.

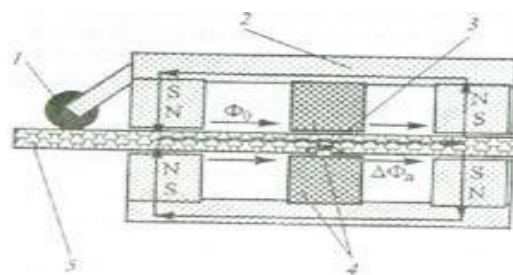


Рис. 2. Схема магнитной головки дефектоскопа «Интрос» для круглых канатов:

1 — счетчик метража; 2 — магнитная головка; 3 — локальный дефект; 4 — блоки датчиков; 5 — канат

Выводы. Дефектоскоп ИНТРОС позволяет осуществлять оперативный контроль, т.е. получать значительный объем информации с электронного блока непосредственно в процессе контроля каната. В этом режиме можно определить максимальное значение потери сечения, максимальный локальный дефект и максимальную плотность локальных дефектов на уже проконтролированном участке, а также координаты мест, где они обнаружены.

Л и т е р а т у р а

1. Котельников В.С., Жуков В.Г., Худошин А.А., Сухоруков В.В. Значение дефектоскопии канатов для повышения безопасности грузоподъемных кранов/ Безопасность труда в промышленности. №9. 2002.С.15-25
2. РД 03-348-00 Методические указания по магнитной дефектоскопии стальных канатов. Основные положения М.: Госгортехнадзор России, 2000.

R e f e r e n c e s

1. Kotel'nikov V.S., Zhukov V.G., Khudoshin A.A., Sukhorukov V.V. Znachenie defektoskopii kanatov dlya povysheniya bezopasnosti gruzopod'emnykh kranov/ Bezopasnost' truda v promyshlennosti №9, 2002.-s.15-25.
2. RD 03-348-00. Methodical guidelines for magnetic inspection of steel ropes. The main provisions. M.: Russian Gosgortekhnadzor, 2000.

Bodrukhin A.N., Kochergin A.V., Pobeda T.V. **FLAW DETECTION OF STEEL ROPES**

During the operation of rubber bands (RTL), the most dangerous and difficult to detect defects are stretching or damage (up to breakage) of the reinforcement of the rubber band made with steel cables. The article proposes an original algorithm for digital signal processing and a circuit implementation of the device data processing unit for monitoring the state of the cable base of the web of conveyor rubber bands, allowing to automate the process of monitoring and recording the results. The proposed implementation of the block and the data processing algorithm have been practically tested on real mine conveyors, where they have shown the

high reliability of the proposed solutions and the repeatability of the results.

Key words: conveyor, rubber band, steel cable, digital signal processing, algorithm, microcontroller.

Бодрухин Александр Николаевич, старший преподаватель кафедры «Приборы» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.
E-mail: bodanik@mail.ru

Bodrukhin Alexander Nikolaevich, Senior Lecturer of the department « Devices», State Educational Establishment of Higher Education «Lugansk Vladimir Dahl State University».

Кочергин Александр Васильевич, старший преподаватель кафедры «Приборы» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.
E-mail: kav_lg@mail.ru

Kochergin Alexander Vasilievich, Senior Lecturer of the department « Devices», SEE HT LPR "Lugansk Vladimir Dahl State University".

Победа Татьяна Валерьевна, к.т.н., доцент кафедры «Приборы» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.
E-mail: pobeda-tatyana@rambler.ru

Pobeda Tatyana Valer'evna, Candidate of Sciences, a docent of the Chair «Device», SEE HT LPR "Lugansk Vladimir Dahl State University".

Рецензент: Ерошин Сергей Сергеевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Приборы» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 13.01.2022

УДК 621.867

БЛОК ОБРАБОТКИ ДАННЫХ УСТРОЙСТВА КОНТРОЛЯ РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИХ ТРАНСПОРТЕРНЫХ ЛЕНТ

Кочергин А.В., Бодрухин А.Н.

DATA PROCESSING UNIT OF THE RUBBER CONVEYOR BELTS CONTROL DEVICE

Kochergin A.V., Bodrukhin A.N.

При эксплуатации резинотехнических лент (РТЛ) наиболее опасными и трудно детектируемыми дефектами являются растяжение или повреждение (вплоть до обрыва) армирования резинотехнической ленты, выполненного стальными тросами. В статье предложен оригинальный алгоритм цифровой обработки сигнала и схемотехническая реализация блока обработки данных прибора для контроля состояния тросовой основы полотна транспортерных резинотехнических лент, позволяющие автоматизировать процесс контроля и протоколирования результатов. Предложенная реализация блока и алгоритм обработки данных прошли практическую апробацию на реальных шахтных конвейерах, где показали высокую надежность предложенных решений и повторяемость результатов.

Ключевые слова: транспортер, резинотехническая лента, трос стальной, цифровая обработка сигнала, алгоритм, микроконтроллер.

Введение. Резинотехнические ленты (РТЛ) применяются почти на всех производствах. Они служат как для транспортировки сырья, так и готовой продукции к месту назначения. Главными проблемами при эксплуатации резинотехнических лент является износ рабочей поверхности, надрывы краёв, растрескивание, растяжение, а также дефекты самого полотна. Большую часть этих дефектов можно установить внешним визуальным осмотром. Однако наиболее опасные дефекты, такие как растяжение или повреждение (вплоть до обрыва) армирования резинотехнической ленты, выполненного стальными тросами, невозможно установить внешним осмотром. При неравномерном растяжении тросов либо повреждении тросов вследствие перекосов лента может лопнуть вдоль или поперёк, так как основная нагрузка ложится не на всё полотно, а на часть полотна.

При разработке угля длина туннелей в лаве может достигать многих километров, а значит, невозможно использовать только одну ленту для транспортировки угля. В таком случае ленты длиной 150-200 метров соединяют. Тросы краёв ленты оголяют, сплетают и заливают резиной.

Появляется еще одна проблема при эксплуатации – это разрыв или повреждение стыка соединенных лент.

Поэтому важен оперативный контроль именно тросовой основы транспортерных лент. Для решения этой задачи используется, как правило, электромагнитный метод неразрушающего контроля [1].

В рамках данной работы предложен оригинальный алгоритм цифровой обработки сигнала и схемотехническая реализация блока обработки данных прибора для контроля состояния тросовой основы полотна транспортерных резинотехнических лент, позволяющие автоматизировать процесс контроля и протоколирования результатов.

Постановка задачи. В процессе диагностирования тросовой основы РТЛ обнаружению и оценке подлежат стыки ленты и дефекты ее тросовой основы. Дефекты выражаются в потере сечения и/или обрыве одного или нескольких тросов. Локализация дефектов производится относительно последнего обнаруженного стыка.

Принципиально различают следующие дефекты тросовой основы:

- потеря сечения или обрыв из-за износа или растяжения одного или нескольких тросов на мерном участке между стыками;
- дефект тросовой основы перед, внутри или после стыка.

Типовой сигнал для разного типа дефектов и стыка, записанный на цифровой осциллограф на реальной РТЛ с шестью тросами основы, представлен на рис. 1.

Очевидно, что сигналы различаются по длительности, амплитуде и последовательности. Так, потеря сечения или обрыв троса характеризуется чередованием отрицательной и положительной полуволны двуполярного информационного сигнала, а стыку предшествует положительная полуволна.

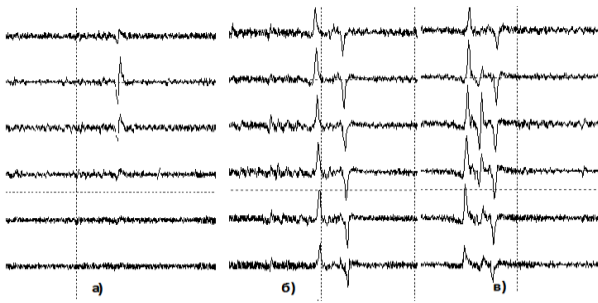


Рис. 1. Дифференциальный сигнал с датчика контроля трасовой основы РТЛ

а) повреждение троса в каналах 1-4, б) одноступенчатый стык, в) повреждение внутри стыка (каналы 2-6)

Также очевидно, что собственные шумы каждого из измерительных каналов отличаются как по амплитуде, так, вероятно, и по спектру.

На рис 2,3 представлены полученные в результате экспериментальных исследований виды и модельные параметры сигналов стыков и дефектов, которые следует оценить в процессе диагностирования.

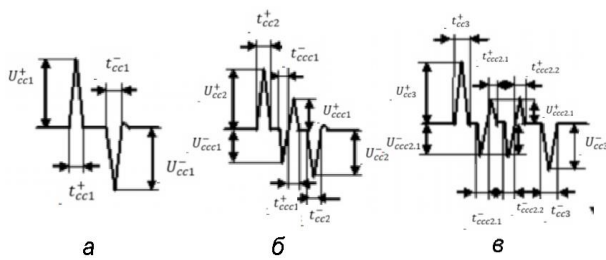


Рис. 2. Типовая форма сигнала и параметры стыков.

а) одноступенчатый стык б) двухступенчатый стык, в) трехступенчатый стык

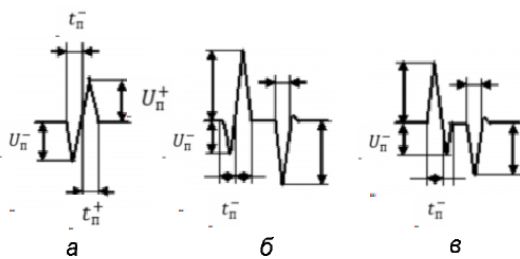


Рис. 3. Типовая форма сигнала и параметры дефектов
а) повреждение троса, б) повреждение перед стыком, в) повреждение внутри стыка.

Анализировались амплитудные значения, сформированные в зоне повреждения тросов U_{ni}^- , U_{ni}^+ , на границах стыкового соединения ленты U_{ccj}^- , U_{ccj}^+ и его ступеней U_{cccj}^- , U_{cccj}^+ (U_{cc1j}^- , U_{cc1j}^+ , U_{cc2j}^- , U_{cc2j}^+ для трехступенчатых стыковых соединений).

При замерах получены предельные значения измеряемых величин

$$U_{ni}^- = U_{ni}^+ = 0 \dots 500 \text{ мВ}, U_{ccj}^- = U_{ccj}^+ = 100 \dots 1500 \text{ мВ}, \\ U_{cccj}^- = U_{cccj}^+ = 50 \dots 1200 \text{ мВ}.$$

При этом длительность полуволны в реальном диапазоне скоростей движения РТЛ для информационных сигналов находится в пределах:

в зоне повреждения трасовой основы РТЛ,

$$t_{ni}^\pm = 40-160 \text{ мс};$$

в зоне границ стыковых соединений,

$$t_{ccj}^\pm = 120-300 \text{ мс};$$

в зоне ступеней стыкового соединения,

$$t_{cccj}^\pm = 80-170 \text{ мс}.$$

Частота оцифровки сигнала экспериментально была выбрана равной 1кГц, что вполне достаточно для последовательной обработки 6 каналов.

Для отсеки шумов в процессе измерения настраивался дискриминатор нижнего уровня сигнала для каждого из каналов, определяемый по формуле (1).

$$s = k * \frac{1}{n} \sqrt{\sum_n U_{ni}^{\pm 2}}, \quad (1)$$

где n – количество данных за контрольное время (экспериментально определенное равным 20 с.), k – экспериментальный коэффициент (2.5÷3).

Экспериментально было определено, что наличие стыков и дефектов на контрольном участке не оказывает значимого влияния на параметр s .

При расчетах также использовались следующие данные и параметры конфигурации РТЛ:

- 1) назначение конвейера (грузовой – Г, грузопассажирский – ГП);
- 2) число измерительных каналов – до 6;
- 3) длина ленты L_{Π} (200 ... 3000 м);
- 4) скорость движения ленты V_{Π} (1,0 ... 4,0 м/с);
- 5) схема укладки тросов в стыковом соединении (одно-, двух- и трехступенчатая), число ступеней в стыковом соединении n_{cc} ($n_{cc1} = 1$ ед, $n_{cc2} = 2$ ед, $n_{cc3} = 3$ ед);
- 6) конфигурация границ стыкового соединения (косоугольная или прямоугольная);
- 7) длина стыкового соединения l_{cc} ($l_{cc} = 1,0 \dots 3,2$ м).

После измерений указанных информационных сигналов рассчитывались:

– среднее значение амплитуды информационного сигнала, сформированного в зоне $i^{\text{го}}$ повреждения трасовой основы РТЛ, согласно уравнению (2), мВ

$$U_{nki}^\pm = \frac{U_{nki}^- + U_{nki}^+}{2}, \quad (2)$$

– среднее значение амплитуды информационного сигнала, сформированного на границах $j^{\text{го}}$ стыкового соединения РТЛ, согласно выражению (3), мВ

$$U_{cckj}^{\pm} = \frac{U_{cckj}^{-} + U_{cckj}^{+}}{2}, \quad (3)$$

– среднестатистическое амплитудное значение информационных сигналов, сформированных на границах стыковых соединений одной РТЛ, в соответствии с уравнением вида (4), мВ

$$\bar{U}_{cck}^{\pm} = \frac{\sum_{j=1}^{j=N_{cc}} U_{cckj}^{\pm}}{N_{cco}}, \quad (4)$$

– эквивалентное число оборванных тросов в одном из каналов контроля тросовой основы РТЛ, ед

$$n_{откл} = K_{\mathcal{E}} \cdot \frac{N_{ml}}{n_{кк} \cdot n_{cc}} \cdot \frac{u_{nki}^{\pm}}{\bar{u}_{cck}^{\pm}}, \quad (5)$$

где N_{cco} – наибольшее число стыковых соединений в РТЛ, выполненных по выбранной схеме укладки тросов, ед.;

Далее регистратор обеспечивал сравнение амплитудных значений информационных сигналов $U_{ccc1j}^{\pm}$ и $U_{ccc2j}^{\pm}$ с $U_{ccc2j}^{\pm}$ при реализации выражений (6, 7):

$$U_{ccc1j}^{\pm} \geq 1,1 \cdot U_{ccj}^{\pm} \leq U_{ccc2j}^{\pm}, \quad (6)$$

– для грузового конвейера (Г)

$$U_{ccc1j}^{\pm} \geq 1,05 \cdot U_{ccj}^{\pm} \leq U_{ccc2j}^{\pm}, \quad (7)$$

– для грузопассажирского (ГП) конвейера.

Расчет эквивалентного числа оборванных тросов в одном поперечном сечении РТЛ в зоне i° повреждения тросовой основы рассчитывался согласно уравнению (8)

$$n_{\Sigma omni} = K_{\mathcal{E}} \cdot \frac{N_{ml}}{n_{cc}} \cdot \frac{U_{ni}^{\pm}}{U_{cc}^{\pm}} \quad (8)$$

где $n_{\Sigma omni}$ – эквивалентное число оборванных тросов в зоне i° повреждения тросовой основы РТЛ, ед, определяемого на базовом мерном отрезке 1 м.

$K_{\mathcal{E}}$ – поправочный коэффициент, учитывающий условия формирования информационных сигналов в зоне повреждения тросовой основы и на границах стыковых соединений. Определен экспериментальным путем, $K_{\mathcal{E}} = 1,25$;

$N_{тл}$ – число тросов в ленте конвейера, ед;

N_{cc} – число ступеней в стыковом соединении РТЛ, ед.

Стандартно эксплуатируются РТЛ с числом ступеней в стыковых соединениях равным $N_{cc} = 1-3$ ед.

При этом выражение $N_{тв} = \frac{N_{ml}}{N_{cc}}$

соответствует числу вырубленных тросов на границах стыкового соединения ленты.

Предельно допустимая величина повреждения определяется по выражениям вида:

для грузовых магистральных конвейеров (Г)

$$n_{\Sigma omni} \geq n_{\Sigma omnd} = 0,1 \cdot N_{ml};$$

для грузопассажирских конвейеров (ГП)

$$n_{\Sigma omni} \geq n_{\Sigma omnd} = 0,05 \cdot N_{ml}.$$

В этом случае должно срабатывать исполнительное реле остановки конвейера и световая сигнализация «АВАРИЯ».

Практическая реализация. Вычислительное ядро было реализовано на двух микроконтроллерах PIC18F4550 [2] в соответствии со структурной схемой на рис. 4.

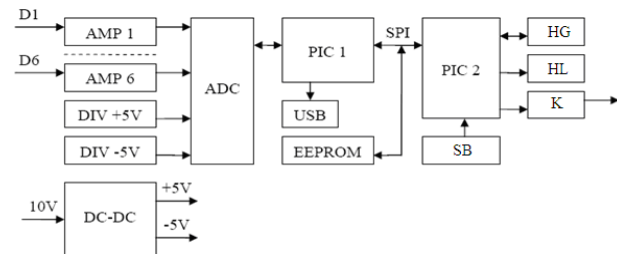


Рис. 4. Структурная схема блока

Сигналы с первичного преобразователя D1...D6 через буферные усилители AMP1...AMP6 подавались на аналого-цифровой преобразователь ADC. PIC1 управляет работой ADC и постоянно опрашивает шесть входных каналов, анализирует первичные данные и при накоплении необходимой информации передает ее в PIC2 по интерфейсу SPI для дальнейшей обработки. PIC2 вычисляет параметры входных сигналов и при обнаружении аварийного дефекта в автоматическом режиме останавливает конвейер, размыкая контакты реле R и включает индикацию «Авария» (светодиод HL мигает с частотой 1 Гц), а на HG выводится информация о дефекте. В профилактическом режиме остановка конвейера не предусмотрена, информация о дефектах записывается в EEPROM. После остановки записи оператор имеет возможность просмотреть на ЖКИ информацию, соответствующую обнаруженным дефектам. PIC2 отвечает также за работу с клавиатурой и вывод информации на жидкокристаллический дисплей.

Программное обеспечение осуществляет следующие функции:

- тестовую проверку блока при подаче на него питания;
- осуществление приема информации с четырехкнопочной функциональной клавиатуры;
- первичное конфигурирование блока с помощью функциональной клавиатуры

- прием информационных сигналов по шести каналам от первичного измерительного преобразователя;

- оцифровку полученных сигналов и их первичную обработку с целью обнаружения стыков и потенциальных дефектов по каналам;

- первичную оценку уровней шума, сигнала и средней амплитуды стыков по каналам;

- обеспечивает функционирование блока в четырех режимах:

- конфигурация;
- автоматический;
- профилактический;
- инструментальный.

В автоматическом режиме обеспечивается вывод на жидкокристаллический дисплей информации о расстоянии между аварийно-опасным повреждением и последним стыковым соединением, прошедшим через зону контроля первичного преобразователя, коэффициенте поврежденных тросов, номере канала, в котором обнаружены повреждения тросовой основы РТЛ, а при отсутствии дефекта информации о количестве стыков, прошедших через зону контроля первичного преобразователя за время последнего оборота ленты, относительном уровне сигнала последнего стыка и последнем межстыковом расстоянии. Индикация аварийного обрыва тросов при помощи светодиода «Авария» и отключение конвейера при аварийном обрыве тросов при помощи исполнительного реле.

В профилактическом режиме обеспечивается запись в EEPROM DD4 информации о расстоянии между зарегистрированным повреждением и последним стыковым соединением, прошедшим через зону контроля первичного преобразователя, коэффициенте поврежденных тросов, номере канала, в котором обнаружены повреждения тросовой основы РТЛ, с последующим просмотром информации на жидкокристаллическом дисплее;

в инструментальном режиме обеспечивается запись по шине USB во внешнюю FLASH память всех выборок ADC по заданному критерию.

Вывод. Предложенная реализация блока и алгоритм обработки данных прошли практическую апробацию как на тестовых имитаторах дефектов, так и на реальных шахтных конвейерах.

Испытания показали высокую надежность предложенных решений. Протоколирование результатов показало высокую повторяемость и отсутствие пропуска критических и близких к ним дефектов.

По параметрам энергопотребления предложенные схемотехнические решения удовлетворяют действующим стандартам по искро- и взрывозащищенности.

Для дальнейшего развития предложенных решений перспективным видится переход на двудерный микроконтроллер, что позволит оптимизировать как алгоритм, так и энергопотребление.

Л и т е р а т у р а

1. Галкин В.И. Оценка систем мониторинга состояния конвейерных лент для горной промышленности / В.И.Галкин // ГИАБ. Горный информационно-аналитический бюллетень, 2019, №3, – С. 166-174.

2. PIC18F2455/2550/4455/4550 datasheet /URL: <https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39632e.pdf> (дата обращения: 05.10.2021). Текст: электронный.

References

1. Galkin V.I. Ocenka sistem monitoringa sostojanija konvejemyh lent dlja gornoj promyshlennosti/V.I. Galkin//GIAB. Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten'-2019.- №3.- S. 166-174.

2. PIC18F2455/2550/4455/4550 datasheet /URL: <https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39632e.pdf> (date of the application: 05.10.2021). - Text: electronic.

Kochergin A.V., Bodrukhin A.N.

DATA PROCESSING UNIT OF THE RUBBER CONVEYOR BELTS CONTROL DEVICE

During the operation of rubber bands (RTL), the most dangerous and difficult to detect defects are stretching or damage (up to breakage) of the reinforcement of the rubber band made with steel cables. The article proposes an original algorithm for digital signal processing and a circuit implementation of the device data processing unit for monitoring the state of the cable base of the web of conveyor rubber bands, allowing to automate the process of monitoring and recording the results. The proposed implementation of the block and the data processing algorithm have been practically tested on real mine conveyors, where they have shown the high reliability of the proposed solutions and the repeatability of the results.

Key words: conveyor, rubber band, steel cable, digital signal processing, algorithm, microcontroller.

Кочергин Александр Васильевич, старший преподаватель кафедры «Приборы» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.
E-mail: kav_lg@mail.ru

Kochergin Alexander Vasilievich, Senior Lecturer of the department « Devices», SEE HT LPR "Lugansk Vladimir Dahl State University".

Бодрухин Александр Николаевич, старший преподаватель кафедры «Приборы» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.
E-mail: bodanik@mail.ru

Bodrukhin Alexander Nikolaevich, Senior Lecturer of the department « Devices», SEE HT LPR "Lugansk Vladimir Dahl State University".

Рецензент: Тарарычкин Игорь Александрович, доктор технических наук, профессор, кафедры «Транспортные системы» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 13.01.2022

УДК 62

ДИАГНОСТИКА ТРУБОПРОВОДОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВНУТРИТРУБНЫХ ДЕФЕКТОСКОПОВ

Манько П.О, Кочергин А.В.

DIAGNOSTICS OF PIPELINES USING IN-TUBE DEFECTOSCOPES

Man'ko P.O, Kochergin A.V.

Для проведения диагностики технологических трубопроводов применяются различные приборы и устройства, основанные на использовании магнитного и ультразвукового методов неразрушающего контроля.

Проведен обзор наиболее часто возникающих технических проблем, возникающих при эксплуатации технологических трубопроводов. А также рассмотрен ряд различных приборов и устройств, применяемых и разрабатываемых для проведения внутритрубной диагностики технологических трубопроводов.

Ключевые слова: неразрушающий контроль, дефектоскопия, ультразвуковой метод, снаряд-дефектоскоп, трубопровод, датчик, пьезопреобразователь, пьезоматериал, толщинометрия.

Введение В настоящее время всё больше повышается спрос на дефектоскопию, использующую методы неразрушающего контроля. Объектами данного вида дефектоскопии также являются и технологические трубопроводы. Они являются неотъемлемой частью большинства сфер промышленности, в особенности таких как нефтяная и газовая промышленность, теплоснабжение.

Износ и коррозия технологических трубопроводов в процессе эксплуатации является проблемой возрастающей важности. Процесс этот не всегда зависит от способа эксплуатации системы и приводит к снижению её пропускной способности и выходу из строя. По данным причинам возникают аварийные ситуации. Для снижения риска возникновения неисправности и порчи оборудования и локализации проблемных участков проводится диагностика трубопровода. На сегодняшний день уже разработаны методы проведения данной процедуры без выведения из эксплуатации и демонтажа оборудования.

Для проведения дефектоскопии трубопроводов всё чаще используют такие приборы неразрушающего контроля, как внутритрубные инспекционные снаряды (снаряд-дефектоскоп), в свою очередь использующие различные методы неразрушающего контроля. Наиболее используемыми методами неразрушающего контроля

для диагностики состояния трубопровода являются: магнитный и ультразвуковой.

Целью настоящей работы является обзор современного состояния вопроса диагностирования технологических трубопроводов без временного прекращения их эксплуатации и демонтажа.

В статье рассмотрены устройства, способные проводить необходимую проверку оборудования непосредственно в ходе его эксплуатации.

Под диагностикой понимается получение и обработка информации о состоянии технических систем в целях обнаружения их неисправностей, выявления тех элементов, ненормальное функционирование которых привело (или может привести) к возникновению неисправностей.

Методы диагностики технического состояния трубопроводов можно разделить на два типа: разрушающие и неразрушающие. К методам разрушающего контроля обычно относят предпусковые или периодические гидравлические испытания трубопроводов, а также механические испытания образцов металла, вырезанных из их элементов. Неразрушающие методы предполагают применение физических методов контроля качества, не влияющих на работоспособность конструкции. Наиболее используемыми методами неразрушающего контроля для диагностики трубопроводов являются ультразвуковой и магнитный.

Настоящая статья касается внутритрубных дефектоскопов, предназначенных для измерения толщины стенки трубы, остаточной толщины стенки трубы и координат дефектов, выявленных при проведении внутритрубной ультразвуковой диагностики трубопроводов во время движения дефектоскопа в потоке перекачиваемой по трубопроводу жидкости.

Как правило, они осуществляют комбинированный контроль, совмещая магнитный и ультразвуковой методы.

Ультразвуковой метод контроля основан на способности энергии ультразвуковых колебаний распространяться с малыми потерями в однородной

упругой среде и отражаться от наружной оплошности этой среды.

Во внутритрубных дефектоскопах используется эхо-импульсный метод с использованием ультразвуковых иммерсионных преобразователей совмещенного типа с наклонным вводом луча в стенку трубопровода.

Метод состоит в регистрации и измерении амплитуды отраженных от трещин сигналов и временных интервалов между зондирующим импульсом, импульсом, отраженным от внутренней стенки трубопровода, и импульсом от трещины.

Для повышения вероятности обнаружения дефектов облучение производится с двух сторон, сигнал от дефекта может быть принят двумя или тремя датчиками с каждой стороны. В процессе интерпретации такие сигналы от разных датчиков совмещаются, а по характеристикам принятых сигналов вырабатывается заключение о свойствах дефекта.

Носитель датчиков ультразвукового дефектоскопа сконструирован таким образом, чтобы за один пропуск сканировался весь периметр трубы.

Для обнаружения трещин используется большое количество датчиков, расположенных под углом к осевой плоскости трубы, половина которых сканирует в одном направлении, вторая половина - в другом. Количество датчиков подобрано таким, что каждый следующий датчик сдвинут на половину диаметра датчика в сторону прозвучивания, кроме того, сканирование осуществляется в обе стороны.

При этом обеспечивается избыточное сканирование всех участков стенки трубы, благодаря чему осуществляется более надежное обнаружение трещин на фоне возможных ложных сигналов из-за изменений геометрии стенки трубы.

Кроме того, часть датчиков расположена перпендикулярно стенке трубы для осуществления толщинометрии. Это необходимо для измерения реальной толщины стенки, а также для обнаружения поперечных швов и арматуры, что в свою очередь необходимо для точной привязки дефектов.

Принцип работы ультразвукового толщиномера состоит в измерении временных интервалов между зондирующим импульсом и импульсами, отраженными от внутренней и внешней поверхностей стенки трубопровода. Временной интервал между зондирующим импульсом и первым отраженным импульсом соответствует расстоянию (отступу) между датчиком и внутренней поверхностью стенки трубы. Временной интервал между первым и вторым отраженными импульсами соответствует толщине стенки.

Кроме обнаружения внутренней и внешней потери металла, данный метод позволяет обнаружить и измерить другие типы дефектов, такие как расслоения, включения, царапины, надрезы, задиры и вмятины, а также их комбинации. Ультразвуковой сигнал отражается также и от различных неоднородностей стенки трубы, позволяя тем самым

определять, кроме наружных или внутренних потерь металла различного рода, несплошности в металле трубы.

В реальности [2] количество датчиков, например, для прибора (для труб диаметром 720 мм), составляет 480 датчиков, расположенных на 16 полозах, при этом 240 датчиков сканируют по часовой стрелке, 240 - против часовой стрелки. На каждом положе установлены два датчика для осуществления толщинометрии.

Метод магнитной дефектоскопии основан на рассеивании магнитного потока MFL (Magnetic Flux Leakage)[3].

Магнитное поле, вектор которого направлен по оси трубопровода, создается мощными магнитами, установленными на корпусе передней (магнитной) секции снаряда. Замыкание магнитного контура между полюсами магнитов и стенкой трубопровода осуществляется через гибкие магнитопроводы, выполненные в виде стальных щеток.

Специальная аппаратура, входящая в состав дефектоскопа, регистрирует сигналы датчиков во время движения дефектоскопа. Магнитный дефектоскоп способен обнаруживать не только дефекты в стенке трубы и поперечных швах, но и металлические предметы, расположенные вблизи внешней поверхности трубы: муфты, кожухи и т.п.

Кроме технологии утечки магнитного потока продольного намагничивания (MFL), активно применяется технология поперечного намагничивания (TFI), которая является решением проблемы обнаружения продольных трещин в стенке трубы.

В отличие от дефектоскопов с продольным намагничиванием (MFL) дефектоскопы, построенные по технологии TFI, обнаруживают узкие продольно-ориентированные дефекты, включая трещины в продольных сварных швах, продольную внешнюю коррозию, вызванную отслоением покрытия, а также такие непредсказуемые и, таким образом, критичные сочетания дефектов, как продольная риска во вмятине.

Надежное обнаружение продольно-ориентированных дефектов может быть обеспечено только в том случае, если намагничивание трубопровода производится в направлении, перпендикулярном плоскости расположения дефектов.

В ОАО «Теплосеть Санкт-Петербурга» нашла широкое применение внутритрубная диагностика магнитным методом переменного намагничивания (ММК), сочетающая продольное и поперечное намагничивание.

Используемые на практике внутритрубной диагностики приборы можно условно разделить на пять типов, основанных на различных физических принципах работы и предназначенных для обнаружения и измерения дефектов различных типов:

- профилемеры – для выявления вмятин, гофров, овальностей;

- ультразвуковые дефектоскопы WM – для выявления коррозионных дефектов, рисков, расслоений, дефектов геометрии, смещений сварных швов;

- магнитные дефектоскопы – для выявления дефектов кольцевых сварных швов (непроваров, несплавлений, подрезов), питтинговой коррозии;

- ультразвуковые дефектоскопы CD – для выявления трещиноподобных дефектов в металле трубы и сварных швах;

- комбинированный дефектоскоп – в составе которого: ультразвуковая секция CD+WM, магнитная и навигационная секция, способный за один пропуск обеспечить выявление всех типов дефектов магистрального нефтепровода.

Например, ультразвуковой дефектоскоп типа WM, представленный на рис. 1 (Wall thickness Measurement – измерение толщины стенки), представляет собой автономное устройство, предназначенное для обследования трубопроводов с целью определения дефектов стенки трубы методом ультразвуковой толщинометрии радиально установленными ультразвуковыми датчиками [1].



Рис. 1. Ультразвуковой внутритрубный дефектоскоп для прямого высокоточного измерения толщины стенки трубы (WM)

Вне зависимости от некоторых технических отличий, все типы подобных устройств несут на своей поверхности ультразвуковые датчики, работающие по иммерсионному методу (методу погружения), суть которого заключается в том, что пространство между датчиком и исследуемым объектом полностью заполнено жидкостью.

Конструктивно ультразвуковой дефектоскоп типа WM состоит из секций – стальных цилиндрических герметичных корпусов (с расположенной внутри электроникой, накопителями информации и батареями) и носителя датчиков, связанных между собой при помощи карданных соединений и кабелей (рис. 2). Количество секций и состав каждой секции определяются возможностью компоновки электроники и батарей в ограниченном объеме корпуса, габаритные размеры которого должны обеспечить контроль трубопровода.

Каждая секция и носитель датчиков снабжены полиуретановыми манжетами, предназначенными для центрирования и обеспечения движения прибора по трубопроводу потоком перекачиваемого продукта.

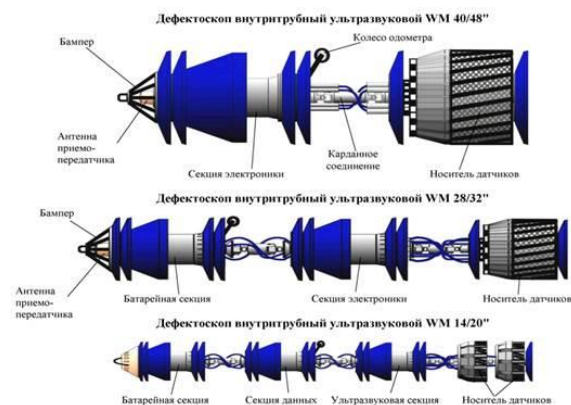


Рис. 2. Ультразвуковые дефектоскопы типа WM

На каждом герметичном корпусе установлены также конические манжеты, служащие для предотвращения застревания прибора в тройниках, не оборудованных предохранительными решетками. В задней части секции электроники на подпружиненных рычагах установлены два одометрических колеса, предназначенных для получения информации о пройденном расстоянии.

Для привязки к угловому положению относительно продольной оси трубопровода дефектоскоп имеет в своем составе маятниковую систему, позволяющую учесть вращение дефектоскопа при движении.

Носитель датчиков состоит из полиуретановых полозов коробчатого сечения с установленными в них ультразвуковыми датчиками, обеспечивающих постоянство расстояния от каждого датчика до поверхности трубы. Полозы соединены между собой плоскими пружинами, благодаря которым они плотно прилегают к внутренней поверхности трубы.

На рис. 3 представлен ультразвуковой внутритрубный дефектоскоп для прямого высокоточного обнаружения трещин на ранней стадии (CD), предназначенный для внутритрубного ультразвукового обследования магистральных трубопроводов с целью обнаружения продольных и поперечных стресс-коррозионных трещин стенок трубопровода, в том числе в продольных и поперечных сварных швах.

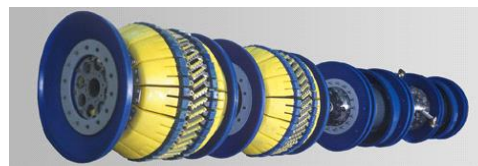


Рис. 3. Ультразвуковой внутритрубный дефектоскоп для прямого высокоточного обнаружения трещин на ранней стадии (CD)

Излученная датчиком ультразвуковая волна входит в металл под углом 17° к перпендикуляру к поверхности и распространяется в металле под углом 45° , при этом обеспечивается наилучшее отражение

сигнала от трещины. Отраженные сигналы от трещины принимаются этим же датчиком.

Для обнаружения продольных трещин используется носитель с поперечным наклоном датчиков. Для обнаружения поперечных трещин используется носитель с продольным наклоном датчиков.

Ультразвуковой внутритрубный комбинированный дефектоскоп (рис. 4) для прямого высокоточного измерения толщины стенки трубы и обнаружения трещин на ранней стадии предназначен для внутритрубного обследования магистральных трубопроводов с целью измерения остаточной толщины стенки и обнаружения продольных или поперечных трещин, в том числе в поперечных и продольных сварных швах.

Дефектоскоп позволяет осуществлять как комбинированное (одновременное), так и раздельное обследование трубопроводов, при котором проводится только измерение остаточной

толщины стенки (вариант толщиномера) или только выявление трещин, продольных или поперечных (вариант детектора трещин).



Рис. 4. Ультразвуковой внутритрубный комбинированный дефектоскоп для прямого высокоточного измерения толщины стенки трубы и обнаружения трещин на ранней стадии

В таб. 1 представлены сравнительные характеристики по точности определения дефектов для обоих базовых методов неразрушающего контроля трубопроводов.

Таблица 1

Точность определения размеров дефектов по данным ультразвукового и магнитного дефектоскопов

Наименование дефекта	ультразвуковой дефектоскоп WM				
	Минимальные размеры обнаруживаемых дефектов, мм	Точность определения глубины обнаруживаемых дефектов, мм		Точность определения длины обнаруживаемых дефектов, мм	
Питтинговая коррозия	Длина > 10 Ширина > 10 Глубина > 1	0,5		3,3*	
Общая коррозия	Глубина >1	0,5		3,3*	
Риска	Ширина > 10 Глубина >1,5	0,5		3,3*	
Расслоение (включение)	Длина > 10 Ширина > 10 Глубина залегания > 1	0,5		3,3*	
Дефект поперечного сварного шва (трещина)					
Наименование дефекта	магнитный дефектоскоп MFL				
	Минимальные размеры обнаруживаемых дефектов, мм	Точность определения глубины (мм) с вероятностью		Точность определения длины (мм) с вероятностью	
		0,9	0,95	0,9	0,95
Питтинговая коррозия	Длина > 10 Ширина > 10 Глубина > 4	1,6	2,2	15	22
Общая коррозия	Глубина >2	1,6	2,2	30	35
Риска	Длина > 20 Ширина > 20 Глубина > 4	1,6	2,2	30	35
Расслоение (включение)					
Дефект поперечного сварного шва (трещина)	Ширина > 80 Глубина > 3	2,7	3,2	30	35

Выводы. При проведении внутритрубной диагностики магистральных технологических трубопроводов перспективным является применение ультразвукового и/или магнитного методов неразрушающего контроля. Очевидно, что каждый из методов обладает как достоинствами, так и ограничениями.

Конкретное исполнение необходимо выбирать, учитывая конструктивные особенности трубопровода, вида (состава) транспортируемого продукта и скорости его перемещения, климатических условий, рельефа местности и т.д. Наиболее перспективным представляется комбинирование в одном приборе ультразвукового и магнитного методов контроля, хотя на практике обычно ограничиваются одним из методов (чаще всего ультразвуковым) из-за стоимостных, технологических и массо-габаритных ограничений.

Л и т е р а т у р а

1. Стренадко И. М. Практический опыт диагностики и оценки состояния трубопроводов тепловых сетей с использованием внутритрубных дефектоскопов / И. М. Стренадко, Д. Е. Чуйко, Е. Н. Цыцеров. [Электронный ресурс]; // URL:<http://www.rosteplo.ru>. (дата обращения 10.06.2020).

2. Цветкович Д.М. Применение современных методов внутритрубной диагностики на предприятиях тепловых сетей /Д.М. Цветкович, А.В. Васев, Д.С. Балзамов, ООО Инженерный Центр «Энергопрогресс» г. Казань [Электронный ресурс];//URL: <http://www.eprog.ru/press-tsentr/publikatsii/files/> (дата обращения 10.10.2021).

3. Абакумов А.А., Принципы построения внутритрубных магнитных интроскопов для сплошной диагностики трубопроводов тепловых сетей; // «Новости теплоснабжения» № 2(90), 2008.

R e f e r e n c e s

1. Strenadko I.M. Prakticheskij opyt diagnostiki i ocenki sostojaniya truboprovodov teplovyh setej s ispol'zovaniem vnutritrubnyh defektoskopov I. M. Strenadko, D. E. Chujko, E. N. Cyserov. / [Jelektronnyj resurs]; // URL:<http://www.rosteplo.ru>. (data obrashcheniya 10.06.2020).

2. Tsvetkovich D.M. Application of modern methods of intra-tube diagnostics at thermal network enterprises/ D.M.Tsvetkovich, A.V.Vasev, D.S. Balzamor, Engineering

Center "Energoprogress", Kazan [Jelektronnyj resurs]; //URL: [http://www.eprog.ru/press-tsentr/publikatsii/files/\(data obrashcheniya 10.06.2020\)](http://www.eprog.ru/press-tsentr/publikatsii/files/(data obrashcheniya 10.06.2020)).

3. Abakumov A.A., Principy postroeniya vnutritrubnyh magnitnyh introskopov dlya sploshnoj diagnostiki truboprovodov teplovyh setej; // «Novosti teplosnabzheniya» № 2(90), 2008.

Man'ko P.O, Kochergin A.V.

DIAGNOSTICS OF PIPELINES USING IN-TUBE DEFECTOSCOPES

Various devices and devices based on the use of magnetic and ultrasonic methods of non-destructive testing are used to diagnose technological pipelines.

The review of the most frequently arising technical problems arising during the operation of technological pipelines is carried out. And also considered a number of different devices and devices used and developed for in-line diagnostics of technological pipelines.

Key words: non-destructive testing, flaw detection, ultrasonic method, flaw detector projectile, pipeline, sensor, piezo transducer, piezomaterial, thickness measurement

Манько Павел Олегович, студент кафедры «Приборы» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

E-mail: leondefaron@gmail.com

Man'ko Pavel Olegovich, student of the department «Devices», SEE HT LPR "Lugansk Vladimir Dahl State University".

Кочергин Александр Васильевич, старший преподаватель кафедры «Приборы» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

E-mail: kav_lg@mail.ru

Kochergin Alexander Vasilievich, Senior Lecturer of the department « Devices», SEE HT LPR "Lugansk Vladimir Dahl State University".

Рецензент: Тарарычкин Игорь Александрович, доктор технических наук, профессор, кафедры «Транспортные системы» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 13.01.2022

УД К 543.053, 66.023

МЕМБРАННЫЙ ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКИЙ СЕНСОР ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕКВАЛИНИЯ ХЛОРИДА В ЛЕЧЕБНО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ**Руженко-Мизовцова Н.А., Мирошников В.В.****MEMBRANE POTENTIOMETRIC SENSORS FOR DETERMINATION OF CHLORIDE DEQUALINE IN MEDICAL AND PREVENTIVE PRODUCTS****Ruzhenko-Mizovtsova N.A., Miroshnikov V.V.**

Разработана методика количественного определения содержания Деквалиния хлорида в фармацевтической и парфюмерно-гигиенической продукции методом прямой потенциометрии с применением разработанного ионоселективного электрода, которая отличается высокой чувствительностью (10^{-4} моль/литр), селективностью, простотой исполнения и экспрессностью.

Ключевые слова: поверхностно-активные вещества (ПАВ), четвертичные аммониевые соединения (ЧАС), ионоселективные электроды, гетерополиоксиды Кеггина.

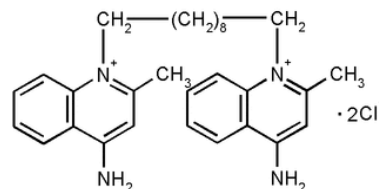
Введение. За последнее десятилетие широкое значение приобрели антисептические средства, основой которых являются четвертичные аммониевые соединения (ЧАС). В качестве самостоятельных антисептиков используются только катионные и амфолитные ПАВ. Кроме высокой поверхностной активности, бисчетвертичные аммониевые соединения, содержащие в атоме азота большие углеродные остатки, являются катионными детергентами, которые малотоксичны и действуют на бактерии, грибы и некоторые вирусы, не теряя активности в присутствии жира и белка. Все это дает возможность использовать их в различных отраслях медицинской практики.

В 30-50-х. годах прошлого столетия были синтезированы и изучены большое количество соединений такого типа. Именно таким соединением является лекарственный препарат декамин [1].

Деквалиния хлорид (Dequaliniumchloride) или декамин — представитель класса, антисептик, эффективен в отношении грамположительных и грамотрицательных микроорганизмов, а также грибов, обладая способностью снижать поверхностное натяжение, обеспечивает проникновение действующих веществ в более глубоко расположенные участки слизистой оболочки.

Декамин представляет собой белый с кремовым или желтым оттенком порошок, без запаха, горький на вкус. Растворим в воде (0,5% при + 25°C, 1:16 - в горячей) и спирте, практически нерастворимый в эфире, ацетоне и хлороформе. Декамин проявляет

противомикробное и противогрибковое действие при местном применении.



Его используют при кандидозе кожи, ногтевых валиков и ногтей, при молочнице ротовой полости, эпидермофитии стоп. Также используется для лечения ангины, тонзиллитов, при поражениях слизистой оболочки рта (стоматиты, фарингиты, глосситы, афтозные язвы). Препарат используют в послеоперационный период для профилактики инфекционных осложнений после удаления миндалин и зубов [2].

Приведенные свойства позволяют использовать в качестве самостоятельно действующего вещества (декамин, Лизак, Флуомизин), так и в составе комплексных (Ангиноваг, Декатилен) средств. Декамин используют в различных областях медицины: стоматологии, отоларингологии, гинекологии, дерматологии [3].

Методы количественного определения декамина в субстанциях и декаминовой мази не унифицированы и имеют определенные недостатки [4]. В субстанциях декамин определяют методом неводного титрования, а в декаминовой мази — потенциометрическим титрованием раствором нитрата серебра с использованием серебряного электрода.

Количественное определение декамина в субстанциях и лекарственных формах (таблетках, драже, карамели и т.д.) можно проводить фотометрическим методом на основе реакций с галогенпроизводных флюоресцеина [5], триоксифлюоранами, эозином, чувствительность реакций 0,2-0,4 мкг/мл. Известны спектрофотометрические определения препарата в субстанции и мази без проведения цветных реакций. И эти методики очень тяжелые и требуют

дополнительного изучения полноты экстракции декамина из мази.

Установлено, что УФ-спектры декамина в воде, этаноле и 1% растворе хлорида кальция в области от 230 до 360 нм характеризуются наличием двух максимумов поглощения при 240 и 327 нм [6,7]. Таким образом, анализ содержания декамина в составе промышленных объектов является важной аналитической проблемой, решается путем использования химических (методом неводного титрования) и физико-химических (фотометрия, абсорбционная и флуоресцентная тонкослойная хроматография с диодной матрицей; потенциометрическое титрование и т.д.) методов анализа.

Существующие методы определения декамина в медико-профилактических объектах позволяют их идентифицировать и количественно определять при условии наличия сложного и дорогостоящего оборудования и сложной пробоподготовки, которые значительно увеличивают вероятность появления ошибок в процессе анализа.

Целью настоящей работы является разработка чувствительных, селективных, экспрессных и простых методик выявления и количественного определения декамина в лекарственных средствах и других объектах.

Многие проблемы аналитического контроля промышленных средств можно решить с помощью потенциометрического метода анализа с применением ионоселективных электродов. Преимуществами данного метода является экспрессность, простота выполнения, высокая чувствительность к анализируемому веществу в присутствии сопутствующих компонентов лечебно-профилактического средства, сравнительно низкая стоимость необходимого для анализа оборудования, а также возможность проведения анализа с физиологически активной частью молекулы.

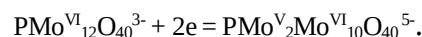
Для решения определенной проблемы перспективным является использование электрохимических методов анализа (потенциометрическое, амперометрическое титрования и ионометрия), которые выгодно отличаются простотой использованного оборудования, экспрессностью и селективностью при количественном анализе липофильных органических ионов, таких как мономеры ПАВ.

В качестве аналитических реагентов широко используются гетерополиоксикислоты (ГПК) структуры Кеггина, такие как 12-молибденофосфорная (МФК), 12-молибденосилициевая (МКК), 12-вольфрамфосфатная (ВФК) кислоты при определении многих элементов и азотсодержащих органических соединений [6,7,8,9].

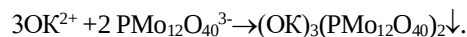
Но, несмотря на преимущества использования гетерополианионов (ГПА) этих кислот в анализе многих веществ, сведения в научной литературе разрозненные, отсутствуют углубленные систематические исследования.

Результаты исследований. Для исследования состава ассоциата, который образуется при взаимодействии $\text{PMo}_{12}\text{O}_{40}^{3-}$ с органическим катионом азотсодержащих веществ, а также для установления соотношения реагирующих компонентов был использован метод амперометрического титрования.

При катодной поляризации в пределах от +0,5 до -0,5 В азотсодержащие соединения не проявляют электроактивности, в то время как анион молибдофосфатной ГПК на фоне 0,1 М раствора сульфата натрия дает четкую волну восстановления двух атомов молибдена [6]:



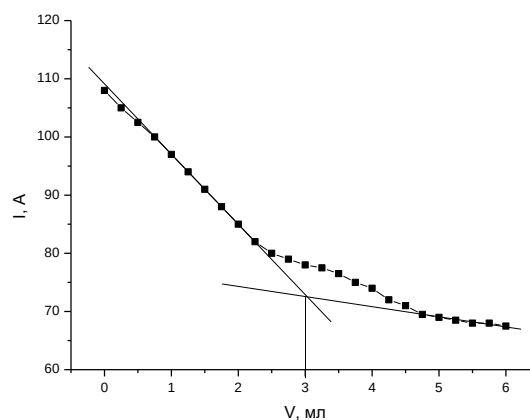
Органический катион $[\text{Dec}^{2+}]$ при этом не проявляет электродной активности и проходит следующая реакция:



Образованный малорастворимый ассоциат имеет желтый цвет.

При выполнении титрования на систему накладывают напряжение, которое определяют с вольтамперных кривых.

Амперометрическое титрование декамина (Dec) проводили по следующей методике: 2 мл 10^{-3} М водного раствора 12-молибдофосфатной ГПК вносят в электрохимическую ячейку, доводят pH раствора до 6,0 и добавляют 1 мл раствора Na_2SO_4 в качестве фонового электролита и 4 мл дистиллированной воды. В систему вводят два электрода: индикаторный – торцевой графитовый электрод, электрод сравнения – насыщенный каломельный; задают напряжение + 0,1 В до + 0,15 В и через 2 минуты фиксируют величину "нулевого" тока. Титруют 10^{-3} М водным раствором декамина порциями по 0,25 мл. Фиксируют величину силы диффузионного тока через 30 секунд после добавления титранта (рис. 1).



$$V_{\text{р-на МФК}} = 2,0 \text{ мл}, C_{\text{ОК}} = 10^{-3} \text{ моль / л}, \text{pH} = 6, V_{\text{т.е.}} = 3,0 \text{ мл}$$

Рис. 1. Кривая амперометрического титрования 10^{-3} моль/л раствора 12-молибдофосфатной ГПК раствором декамина гидрохлорида

Количественное определение декамина методом амперометрического титрования характеризуется высокой чувствительностью и хорошей воспроизводимостью результатов (табл. 1).

По результатам амперометрического титрования установлено, что соотношение $[\text{Dec}^{2+}]:[\text{PMo}_{12}\text{O}_{40}^{3-}]$ составляет $(3,05 \pm 0,04):(2,02 \pm 0,05)$.

Установленные методом амперометрического титрования стехиометрические соотношения реагирующих веществ были использованы при синтезе малорастворимых соединений ОК с ГПА.

Таким образом, для использования в качестве ЭАВ для ИСЭ было получено малорастворимое соединение $(\text{Dec})_3(\text{PMo}_{12}\text{O}_{40})_2$.

Таблица 1

Метрологические характеристики анализа водного раствора декамин гидрохлорида методом амперометрического титрования ($n = 7$, $P = 0,95$)

антисептик	Введено, мг	Найдено, мг	Найдено, %	метрологические характеристики
декамин	1,060	1,047	98,85	$X=99,59$ $S^2=0,3304$ $S_x=0,5748$ $S_r=0,0057$ $\Delta=\pm 0,5865$ $x \pm \Delta = 99,59 \pm 0,5865$
		1,057	99,79	
		1,060	100,0	
		1,048	98,90	
		1,061	100,17	
		1,055	99,60	
		1,057	99,79	

Пластифицированные поливинилхлоридные мембраны синтезировали по стандартной методике [6,8,10,11,12]. Важным условием при синтезе мембраны является ее гомогенность, которая обеспечивается полным растворением ЕАР в мембранном растворителе.

Перед использованием ИСЭ выдерживают в растворе декамина с концентрацией 10^{-3} моль / л в течение 30 мин. Для прямых потенциометрических исследований использовали иономер И-130 и электрохимическую ячейку:

Ag	AgCl, KCl, (Нас.)	исследуемый раствор	мембрана ИСЭ	Стандартный раствор (10^{-3} моль / л)	AgCl KCl (Нас.)	Ag
----	-------------------------	------------------------	-----------------	---	-----------------------	----

Потенциометрический анализ с использованием ИСЭ – один из самых перспективных современных аналитических методов, поэтому разработка новых ИСЭ это одно из важных направлений в аналитической химии. Основные электродные характеристики ИСЭ – предел обнаружения определяемого иона, сохранение нернстовской зависимости потенциала от концентрации, диапазон линейности отклика, дрейф потенциала и время жизни ИСЭ. При разработке новых ИСЭ важно определить зависимость электродных характеристик от различных факторов, таких как природа ЭАВ, его растворимость в воде, pH анализируемого раствора, полимерная матрица и свойства мембранного растворителя, состав определяемого раствора (Рис. 2). Зависимость ЭДС (ЭДС) от логарифма концентрации потенциал определяемого иона для мембран ИСЭ является главной электродной функцией ИСЭ. ЭДС ячейки измеряют цифровым вольтметром. Для построения калибровочных графиков используют серию

растворов деквалиний хлорида с концентрациями от 10^{-2} моль/л до 10^{-6} моль/л.

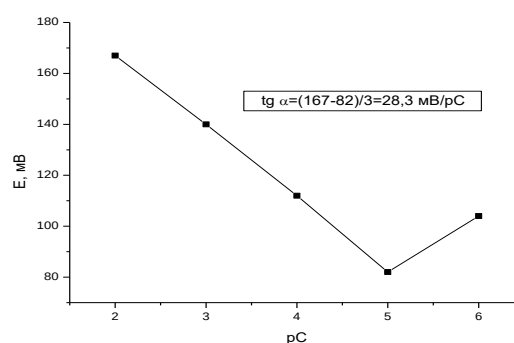


Рис. 2. Зависимость потенциала ИСЭ от рС декамин (мембрана с содержанием ЕАР 0,0102г; МР - ДБФ; рН дек = 7)

Мембранный потенциал E – главная характеристика работы ионоселективного электрода. Для мембраны, селективной только к ионам одного типа, мембранный потенциал в отсутствии внешнего тока является прямой и специфической функцией соответствующих активностей определяемого иона в контактирующих растворах с обеих сторон мембраны:

$$E_i = \frac{R \cdot T}{z_i \cdot F} \cdot \ln \frac{a'_i}{a''_i},$$

где a'_i и a''_i – активности иона во внешнем и внутреннем стандартных растворах соответственно.

Поскольку $a'_i = \text{const}$, то

$$E_m = E_{0_i} + S \cdot \lg a'_i,$$

где $S = \frac{2.303 \cdot R \cdot T}{z_i \cdot F} = \frac{59.16 \text{ мВ}}{z_i}$ —нернстовский наклон (тангенс угла наклона градуировочного графика) [11].

Таким образом, поскольку нернстовский наклон равен 28,3 мВ (рис. 2), то в данном случае ион декамин двухзарядный.

Статистическая обработка данных показала достаточно высокую точность измерения (табл. 2).

Таблица 2

Метрологические характеристики анализа водного раствора декамина гидрохлорида методом прямой потенциометрии (n = 7, P = 0,95)

антисептик	Введено, мг	Найдено, мг	Найдено, %	метрологические характеристики
декамин	5,25	5,25	100,0	$X = 99,93$ $S^2 = 0,5725$ $S_x = 0,7566$ $S_r = 0,3088$ $\Delta = \pm 0,77$ $x \pm \Delta = 99,93 \pm 0,77\%$
		5,21	99,32	
		5,32	101,2	
		5,28	100,5	
		5,29	98,97	
		5,25	100,0	
		5,22	99,49	

Влияние кислотности раствора на электродные характеристики ИСЭ на декамин изучали, используя стандартные растворы с концентрациями в пределах $1 \cdot 10^{-6}$ – $1 \cdot 10^{-2}$ моль / л ОК и различными значениями pH, которые поддерживали растворами HCl и NaOH.

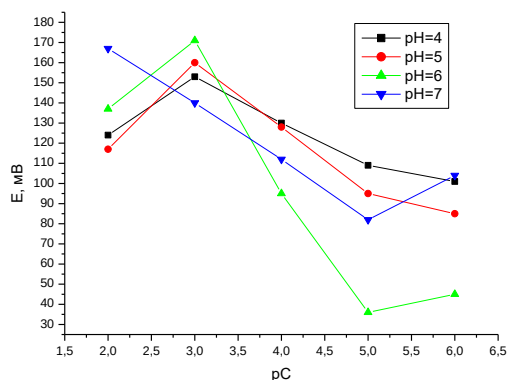


Рис. 3. Зависимость потенциала ИСЭ от рС декамин при различных значениях pH

Изучение зависимости электрохимических свойств ИСЭ от pH раствора показало, что крутизна функций остается практически неизменной, и в кислой и слабокислой среде электрод не работает в концентрации $1 \cdot 10^{-2}$ моль/л. Поэтому можно сделать вывод, что наиболее оптимальное значение pH составляет 7.

Еще одной важной электродной функции ИСЭ является его селективность к потенциалу определяемому иону на фоне возможного ряда мешающих ионов.

Коэффициенты селективности ИСЭ были определены методом смешанных растворов, который базируется на измерении потенциалов в смешанных растворах с постоянным содержанием мешающего иона j при переменной концентрации определяемого иона. Коэффициенты рассчитываются по формуле:

$$K_{i|j} = a_i / a_j.$$

Для ионов, которые имеют разные значения зарядов, например, определяемый ион однозарядный, а посторонний ион двухзарядный, коэффициенты селективности рассчитывают по формуле [11]:

$$K_{i|j} = a_i / (a_j)^{1/2}.$$

Определена селективность ИСЭ, обратного к катиону декамина относительно катионов Na^+ , K^+ , NH_4^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} (рис. 4).

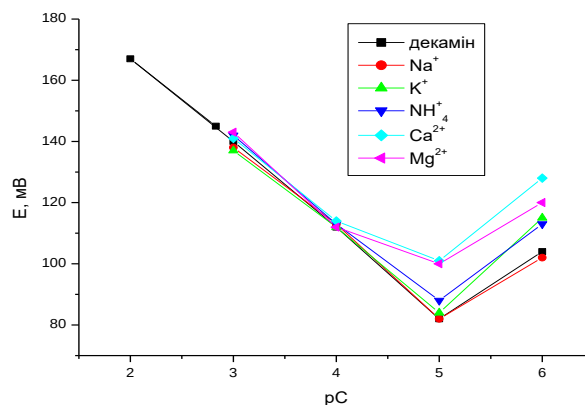


Рис. 4. Определение потенциометрического коэффициента селективности $K_{i|j}$ ИСЭ, обратного к катиону декамина гидрохлорида методом смешанных растворов

Определены коэффициенты селективности ИСЭ, обратного до катиона декамин приведены в таблице 3.

Таблица 3.

Потенциометрические коэффициенты селективности $K_{i|j}$ ИСЭ, обратного к катиону декамина (i – определяемый ион, j – мешающий ион)

мешающий ион	Na^+	K^+	NH_4^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}
Коэффициент селективности K_{ij} ИСЭ	0,0124	0,0131	0,1027	0,1349	0,1351

Исходя из этих данных, можно сделать вывод, что катионы K^+ , Na^+ , NH_4^+ , Ca^{2+} и Mg^{2+} не оказывают существенного мешающего влияния при десятикратном избытке на электродную функцию разработанных ИСЭ ($K_{и/i} < 1$).

Время отклика для разработанного ИСЭ, обратного к органическому катионудекамина, составляет при малых концентрациях 120-180 секунд и 60-80 секунд на большие концентрации органического катиона декамина (10^{-3} - 10^{-2} моль / л), время жизни – 30-50 суток. Дрейф потенциала ИСЭ составляет 5-6 мВ / сутки.

Апробация метода амперометрического титрования для определения декамина.

Разработанные ИСЭ с электродно-активным веществом на основе органического катиона декамин гидрохлорида и гетерополианиона 12 - молибденфосфорнойгетерополикислоты были использованы в анализе реального объекта.

В качестве реального объекта предлагается использовать лосьон «Антибактериальный» с экстрактом лимона, который был изготовлен по следующей рецептуре (на 25 мл)

вещество	Содержание, мл
вода	10,00
этиловый спирт	8,00
лимонный сок	6,00
борная кислота	0,6
салициловая кислота	0,2
молочная кислота	0,1
декамин гидрохлорид	0,1

Методика приготовления лосьона. Взвесили и отмерили все необходимые вещества. Поскольку все компоненты водорастворимые, то отмеренное количество воды переносим в стаканчике и вносим борную, молочную, салициловую кислоты и декамин гидрохлорид. Затем добавляем лимонный

сок и этиловый спирт. В полученном растворе меряем pH ($pH = 4,5$) и доводим до значения 7, используя растворы HCl и NaOH. Затем раствор фильтруют через бумажный фильтр.

Приготовленный лосьон количественно переносят в электрохимическую ячейку с системой электродов: ИСЭ, обратный к ОКдекамин гидрохлориду, индикаторный и хлорсеребряный – как электрод сравнения и измеряют потенциал ионоселективного электрода в лосьоне. Концентрацию декамина определяют по калибровочному графику (рис. 5). Полученное значение потенциала ИСЭ ($E = 145$ мВ) соответствует содержанию декамина в косметическом средстве $1,7 \cdot 10^{-3}$ моль/л. В пересчете на массовое содержание декамина полученное значение составляет 22,61 мг данного вещества на 25 мл лосьона.

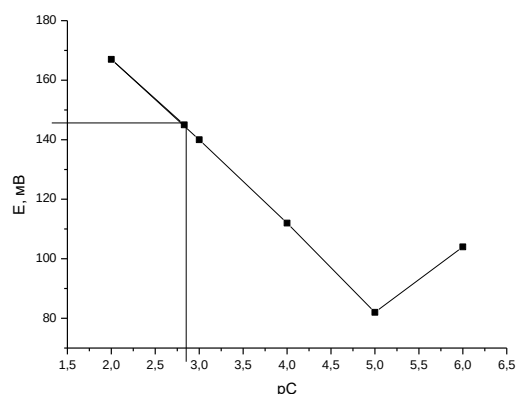


Рис. 5. Количественное определение содержания декамина в лечебно-профилактическом косметическом средстве методом ионметрии (мембрана с содержанием EAP 0,0102г; МР - ДБФ; pH дек = 7)

Результаты определения деквалиний хлорида в лечебно-профилактическом косметическом средстве приведены в табл. 4.

Таблица 4

Результаты определения декамина в лечебно-профилактическом косметическом средстве методом прямой потенциометрии с ИСЭ (n = 7, P = 0,95)

антисептик	Введено, мг	Найдено, мг	Найдено, %	метрологические характеристики
декамин	22,61	22,61	100,0	$X = 99,83$ $S^2 = 0,9351$ $S_x = 0,9670$ $S_r = 0,0097$ $\Delta = \pm 0,9867$ $x \pm \Delta = 99,83 \pm 0,9867\%$
		22,80	100,92	
		22,30	98,49	
		22,91	101,41	
		22,30	98,49	
		22,61	100,0	
		22,52	99,56	

Таким образом, разработанный метод электрохимического анализа декамина характеризуется высокой чувствительностью, селективностью и хорошей воспроизводимостью результатов. Кроме того, данный метод позволяет использовать для анализа растворы без предварительной пробоподготовки.

Литература

1. Рубцов М.В. Синтетические химико-фармацевтические препараты (справочник) / М.В. Рубцов, А. Байчиков, В.И. Зейфман [и др.]. – М.: Медицина, 1971. – 328 с.
2. Халецкий, А.М. Фармацевтическая химия / А.М. Халецкий. – М.: Медицина, 1966. – 747 с.

3. Яхонтов Л.Н. Синтетические лекарственные средства / Яхонтов Л.Н., Глушков Р.С., под. общ. ред. А. Натрадзе. – М.: Медицина, 1983. – 272 с.

4. Бахолдина Л.А., Евстратова К.И., Меломан Г. Л. Унифицированные методики анализа декамина в субстанциях и мазях / Л.А. Бахолдина [и др.] // Фармация. – 1991. – Т. XL, №2. – с. 48-51.

5. Мелентьева А. Фармацевтическая химия / Г.А. Мелентьева. – М.: «Медицина», 1976. – Т. 1. – 458 с.

6. Ткач В.І. Гетерополюаніони як аналітичні реагенти на азотвміщуючі органічні речовини. – Дніпропетровськ: ДДУ, 1995. – 196с.

7. Алексеев В.Н. Количественный анализ/ В.Н. Алексеев. – М.: Химия, 1972. – 504 с.

8. Ткач В.І., Карандеева Н.І., Циганок Л.П., Вишнікин А.Б. Використання гетерополюаніонів структури Кетгін в аналізі органічних та неорганічних сполук. Монографія / В.І. Ткач [та ін.]. – Дніпропетровськ: УДХТУ, 2002. – 184 с.

9. Супрунович В.І. Електрохімічні методи аналізу: навч. посібник / В.І. Супрунович, І.Л. Плаксієнко, Ю.І. Шевченко – Дніпропетровськ : УДХТУ, 2006. – 413 с.

10. Руженко-Мизовцова Н.О. Визначення вмісту цетилпіридиній хлориду в промисловій продукції методом амперметричного титрування / Н.О. Руженко-Мизовцова, О.В. Лабяк, В.І. Ткач // Вопросы химии и химической технологии. – 2010. – №7. – С. 76–79.

11. Руженко-Мизовцова Н.О. Кількісне визначення вмісту декваліній хлориду в лікувально-профілактичній продукції / Н.О. Руженко-Мизовцова, В.І. Ткач // Український медичний альманах. – 2013 – Т. 16. – С.167.

12. Volnyanska O.V., Mironyak M.O., Labyak O.V., Nikolenko M.A. Potentiometric sensors for determination of surface-active substances in cosmetic products / O.V. Volnyanska, M.O. Mironyak, O.V. Labyak, M.A. Nikolenko//abstracts of the VII Intscient and practconf (Sofia, Bulgaria, 11-13 March 2020) – p.101-104.

References

1. Rubtsov M.V. Synthetic Chemical-Pharmaceuticals (Reference Book)/ M.V. Rubcov, A. Baichikov, V.I. Zeifman [i dr.]. – М.: Medicina, 1971. – 328 p.

2. Haletskii, A.M. Pharmaceutical chemistry / A.M. Haletskii. – М.: Medicina, 1966. – 747 p.

3. Yakhontov L.N. Synthetic pharmaceuticals / Yakhontov L.N., Glushkov R.S., pod. obsh'. red. A. Natradze. – М.: Medicina, 1983. – 272 s.

4. Baholdina L.A., Evstratova K.I., Meloman G. L. Unified methods for the analysis of decamine in substances and ointments / L.A. Baholdina// Farmaciya. – 1991. – T.HL, №2. – p. 48-51.

5. Melenteva A. Pharmaceutical chemistry / G.A. Melenteva. – М.: «Medicina», 1976. – Т. 1. – 458 p.

6. Tkach V.I. Heteropolyanions as analytical reagents for nitrogen-containing organic substances. – Dnipropetrovsk: DDU, 1995. – 196p.

7. Alekseev V.N. Quantitative analysis / V.N. Alekseev. – М.: Himiya, 1972. – 504 s.

8. Tkach V.I., Karandeyeva N.I., Tsiganok L.P., Vishnikin A.B. The use of heteropolyanions of the Kegg structure in the analysis of organic and inorganic compounds. Monograph / V.I. Tkach [in.]. – Dnipropetrovsk: UDHTU, 2002. – 184 p.

9. Suprunovich V.I. Electrochemical methods of analysis: textbook / V.I. Suprunovich, I.L. Plaksienko, YU.I. Shevchenko – Dnipropetrovsk : UDHTU, 2006. – 413 p.

10. Ruzhenko-Mizovtsova N.O. Determination of cetylpyridinium chloride content in industrial products by ammetric titration / N.O. Ruzhenko-Mizovtsova, O.V. Labyak, V.I. Tkach//Voprosi himii i himicheskoi tehnologii. – 2010. – №7 – P. 76–79.

11. Ruzhenko-Mizovtsova N.O. Quantitative determination of dequalinium chloride content in therapeutic and prophylactic products / N.O. Ruzhenko-Mizovtsova, V.I.Tkach // Ukrayinskii medichnii almanah. – 2013. – T. 16. – P.167.

12. Volnyanska O.V., Mironyak M.O., Labyak O.V., Nikolenko M.A. Potentiometric sensors for determination of surface-active substances in cosmetic products/O.V.Volnyanska, M.O. Mironyak, O.V.Labyak, M.A. Nikolenko//abstracts of the VII Intscient and practconf (Sofia, Bulgaria, 11-13 March 2020) – p.101-104.

Ruzhenko-Mizovtsova N.A., Miroshnikov V.V. QUANTITATIVE DETERMINATION OF DEQUALINIUM CHLORIDE TO PHARMACEUTICAL AND PREVENTION PRODUCTS.

The technique of quantitative determination of Dequalinium chloride or Dekamin in the pharmaceutical preparations and means for prevention, by direct potentiometry using the developed ion-selective electrode.

Dekamin — antiseptic active against Gram-positive and Gram-negative microorganisms and fungi having the ability to reduce surface tension allows the penetration of the active substances in deeper located parts of the mucosa.

The developed method is highly sensitive (10^{-4} – 10^{-6} M), selectivity, ease of implementation. Thus, the presented method can be used to quantify the Dequalinium chloride in industrial facilities.

Keywords: Electrochemical determination, Dequalinium chloride or Dekamin, ion-selective electrode.

Руженко-Мизовцова Наталья Александровна, Старший преподаватель кафедры «Приборы» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

E-mail: ruzhenkoNA@yandex.ru

Ruzhenko-Mizovtsova Natalia Alexandrovna, Lecturer of the Chair "Devices" of the SEE HT LPR "Lugansk Vladimir Dahl State University".

Мирошников Вадим Владимирович, д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Приборы» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

Miroshnikov Vadim Vladimirovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, of the Chair "Devices" of the SEE HT LPR "Lugansk Vladimir Dahl State University".

Рецензент: Кривоколыско Сергей Геннадиевич, д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Химии» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

УДК 615.47

ВОЗМОЖНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА ВИРУСОВ В ВОЗДУХЕ

Водолазский В.Н., Швец С.Н., Победа Е.Д.

POSSIBILITIES OF MODERN SYSTEMS FOR MONITORING VIRUSES IN THE AIR

Vodolazky V.N., Shvets S.N., Pobeda E.D.

В статье дан краткий обзор основных прикладных методов, применяемых для контроля вирусного загрязнения воздуха. Показана значимость систем мониторинга в деле борьбы с вирусными инфекциями, а также острая необходимость в системах оперативного контроля вирусной обстановки в условиях пандемии на примере SARS-CoV-2. Описаны некоторые инновационные системы вирусного контроля и указаны перспективные пути развития.

Ключевые слова: аспиратор, импактор, полимеразная цепная реакция, биочип, вирусы, мониторинг.

Введение. В настоящее время вирусы являются одними из наиболее опасных возбудителей инфекционных заболеваний. Высокая скорость мутаций не позволяют создать достаточно эффективных противовирусных препаратов. А сложности, связанные с прогнозированием межвидовых переходов и соответственно появлением новых форм возбудителей, препятствуют созданию эффективной системы противодействия возникновению эпидемий. По выше описанным причинам, практически все крупные эпидемии и пандемии последних десятилетий были вызваны вирусными инфекциями [1]. Поэтому большое внимание как со стороны национальных правительств, так и со стороны международных организаций уделяется лечению, профилактике и, что самое главное, мониторингу вирусных инфекций. Именно своевременное выявление и контроль распространения вирусов позволяет предпринять необходимые меры к недопущению роста заболевания, в том числе посредством введения карантинных мер и дезинфекции территории в очаге заражения.

В качестве актуального примера можно привести пандемию SARS-CoV-2. Первые случаи заражения были зарегистрированы в декабре 2019 года в китайском городе Ухань, спустя три месяца 11 марта 2020 года ВОЗ объявила о начале пандемии, к тому моменту количество стран, где выявили вспышку нового заболевания, достигло 114

[2]. Столь стремительному распространению нового заболевания в числе прочего способствовало отсутствие эффективных систем мониторинга. Дело в том, что наиболее распространенные методы контроля вирусного загрязнения окружающей среды оказались не достаточно оперативными в условиях тесной коммуникации между государствами. Огромные массы людей, ежедневно перемещаемые по всему миру силами авиационного, водного и железнодорожного транспорта, не могли быть эффективно проконтролированы, что и позволило вирусу стремительно распространиться на обширные территории. Поэтому в настоящее время большое внимание уделяется контролю эпидемиологической обстановки в области международных пассажирских перевозок [3, 4].

Целью настоящей работы является анализ возможностей и соответствие современным запросам систем обнаружения вирусов в воздухе помещений.

Изложение основных материалов. В первом приближении можно выделить такие основные принципы организации современной системы мониторинга патогенных вирусов [5]:

- функционирование в форме «рабочих сетей», состоящих из нескольких организаций отличных по ведомственной, региональной и национальной принадлежности;
- широкое применение генетических и биологических методов для раннего обнаружения вирусов и оценки их патогенного потенциала;
- обязательное использование биоинформационного анализа;
- обязательное использование геоинформационных технологий;
- свободный обмен информацией внутри системы и (во многих случаях) свободное предоставление большей части информации внешним пользователям.

К числу прикладных методов, применяемых для мониторинга вирусного загрязнения воздуха, относятся:

- метод полимеразной цепной реакции (ПЦР);
- флуоресцентные методы детектирования вирусных агентов;
- методы с применением биочипа.

На сегодняшний день наибольшее распространение получил ПЦР анализ, позволяющий с высокой точностью идентифицировать даже небольшие количества вирусных частиц.

Структурно такой метод состоит из следующих элементов:

- отбор проб при помощи специального оборудования;
- приготовление образца для исследования и доставка к месту проведения исследования;
- проведение лабораторного анализа методом ПЦР.

Для отбора проб используются специальные устройства – аспираторы (импакторы). Аспиратор служит для создания воздушного потока, обеспечивающего направленное движение биологических частиц, а импактор позволяет улавливать и сохранять частицы, содержащие вирусные агенты. Так, например, аспиратор ПУ-1Б, изображение которого представлено на рис. 1, состоит из двух основных узлов, конструктивно объединённых в общем блоке: пробоотборника, в качестве которого используется однокаскадный импактор, и аспиратора – вентилятора [6]. Особенностью данного аспиратора, накладывающей некоторые ограничения на сферы его применения, является диаметр аэрозольных частиц, улавливаемых с эффективностью 50%, значение этого параметра ограничено верхним пределом в 1,4 мкм [7].



Рис. 1. Внешний вид аспиратора ПУ-1Б

Важно отметить, что при отборе проб воздуха для выявления РНК-вирусов поддержание жизнеспособности вируса не является обязательным, но сохранение целостности его нуклеиновых кислот имеет большое значение, поскольку нуклеиновая кислота может быстро разрушаться во время отбора проб [8]. Для сохранения вируса часто используются транспортные среды, их компоненты предназначены для создания изотонического раствора, в состав которого входит защитный белок, антибиотики для

контроля загрязнения и буферные растворы для контроля pH.

Помещённый в транспортную среду образец может быть доставлен в лабораторию для проведения ПЦР исследования. Как правило, для исследования вирусов применяется ПЦР с обратной транскрипцией и петлевая изотермическая амплификация, совмещённая с обратной транскрипцией (RTLAMP) [8]. Несмотря на то, что данные методы обладают высокой надёжностью и точностью, а также достаточно высокой чувствительностью, их недостатком является время, необходимое для получения результата, что составляет от нескольких десятков минут до нескольких часов. В совокупности со всеми предшествующими этапами такие методы получаются достаточно времязатратными. Это значительно снижает их возможности в рамках мониторинга вирусного загрязнения атмосферы, но позволяет оставаться надёжным средством диагностики и оценки вирусной нагрузки в медицинских учреждениях.

Более перспективным с точки зрения оперативного мониторинга вирусного загрязнения воздуха является способ, описанный в источнике [9]. Предлагаемая для реализации метода схема состоит из источника излучения и спектрофлуориметра, оснащённого оптическим элементом спектрального разложения флуоресценции. Импактор, схематическое изображение которого приведено на рис. 2, выполнен виртуальным с возможностью формирования на выходе коаксиальных мажорного и охватывающего его минорного потоков воздуха.

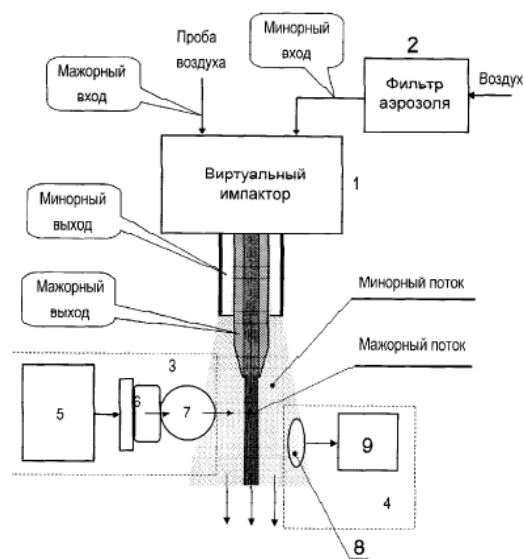


Рис. 2. Схема виртуального импактора

На схеме также обозначен блок источника УФ под номером 3 и блок спектрофлуориметра под номером 4. Источник УФ состоит из

последовательно соединённых блока питания 5, излучателя УФ-И 6 и оптического фокусирующего элемента 7. В составе спектрофлуориметра выделены последовательно соединённые объектив 8, сфокусированный на мажорный поток воздуха, сформированный на выходе виртуального импактора 1, и оптико-электронный преобразователь 9, служащий для получения электрического информационного сигнала об уровне флуоресценции аэрозольных частиц пробы, вызванной УФ-И.

Мажорный вход импактора представляет собой заборный элемент анализируемой пробы воздуха. Минорный вход импактора связан с воздушной средой через фильтр нулевого сопротивления для очистки от аэрозольных частиц. Выходная магистраль виртуального импактора подключена к вакуумной системе. В указанном патенте для осуществления описываемого способа предлагается использование виртуального импактора, выполненного на базе импактора «Флора-100». Описанный способ измерения вирусного загрязнения, благодаря применению виртуального импактора и флуоресцентного метода детектирования вирусных агентов, способен обеспечить высокую скорость реагирования и поэтому может служить для мониторинга вирусных инфекций в режиме «онлайн». При этом надёжность и чувствительность способа при его практическом осуществлении могут оказаться слишком низкими. Причиной этого служит сам виртуальный импактор, требующий выполнения определённых условий:

- постоянства характеристик создаваемого воздушного потока;
- сравнительно высокую концентрацию вирусных агентов в воздухе.

В результате будет требоваться дополнительная проверка другими методами.

Наиболее приближённым к требуемым характеристикам можно считать принцип организации системы мониторинга вирусного загрязнения, реализованной в установке «Детектор-Био», разработанной при участии НИИ эпидемиологии и микробиологии имени Н.Ф. Гамалеи института теоретической и экспериментальной биофизики РАН и государственной корпорации «Ростех» [10]. Изображение внешнего вида устройства показано на рис. 3, а изображение с открытой крышкой на рис. 4.

Установка «Детектор-Био» представляет собой автоматическую биологическую лабораторию. Принцип её работы основан на двух независимых методах анализа. Первый представляет собой анализ нуклеиновых кислот на основе полимеразной цепной реакции реального времени. Второй метод предполагает использование иммунофлуоресцентного метода в формате суспензионного биочипа. Такой подход позволяет сократить число ложноположительных срабатываний до $1 \cdot 10^{-8}$.



Рис. 3. Внешний вид устройства «Детектор-Био»



Рис. 4. Изображение устройства «Детектор-Био» с открытой боковой крышкой

Процесс обработки пробы осуществляется в несколько этапов. Детектор проводит сбор и концентрацию аэрозольных частиц из пробы воздуха. После этого биологические частицы помещаются в водный раствор. Полученная проба очищается при помощи ультразвука от примесей. Затем следует идентификация патогенных агентов и программная обработка результатов.

Таким образом, данный прибор сочетает преимущества стандартного ПЦР исследования и флуоресцентного метода исследования, обеспечивая одновременно высокую точность и быстродействие (время обработки пробы от 10 до 30 минут).

Такая установка может применяться для контроля вирусного загрязнения воздуха на территории общественных учреждений, в условиях скопления больших масс людей. Например, в аэропортах, на проходных заводов, в приёмном отделении больниц и т.п.

Вывод. На сегодняшний день количество прикладных методов для мониторинга вирусного загрязнения воздуха очень ограничено. К тому же часть методов не в полной мере удовлетворяют объективным требованиям оперативности и точности. Всё это приводит к необходимости поиска

новых средств и методов решения задачи. Наиболее возможным в краткосрочной перспективе является подход, подразумевающий максимальную автоматизацию существующих и хорошо зарекомендовавших себя методов с целью повышения оперативности при поиске, идентификации и количественной оценке вирусных патогенов.

Л и т е р а т у р а

1. Что такое пандемия согласно Всемирной организации здравоохранения. ИТАР-ТАСС [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tass.ru/info/7952651> (дата обращения: 01.10.2021).

2. Глобальная угроза. Что означает объявление пандемии коронавируса? Аргументы и факты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://aif.ru/health/coronavirus/globalnaya_ugroza_chno_oznachet_obyavlenie_pandemii_koronavirusa (дата обращения 04.10.2021).

3. Технические соображения, касающиеся применения подхода на основе оценки риска в сфере международных пассажирских перевозок в условиях COVID-19. Временные рекомендации ВОЗ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/342212/WHO-2019-nCoV-Risk-based-international-travel-2021.1-rus.pdf> (дата обращения 05.10.2021).

4. Стратегические соображения, касающиеся применения подхода на основе оценки риска в сфере международных пассажирских перевозок в условиях COVID-19. ВОЗ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/342235/WHO-2019-nCoV-Policy-Brief-Risk-based-international-travel-2021.1-rus.pdf> (дата обращения 05.10.2021).

5. Современные способы мониторинга вирусных патогенов и перспективы создания системы эголого-эпидемиологического мониторинга вирусов в окружающей среде / М.А. Хаснатинов, Г.А. Данчинова // Бюл. ВСНЦ СО РАМН. – 2011. – №2.

6. Правила работы с аспиратором ПУ-1Б. ООО «ЭкоСфера» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ekosf.ru/wp-content/uploads/2020/08/pu-1b.pdf> (дата обращения 06.10.2021).

7. Технические характеристики аспиратора ПУ-1Бю ООО «ТД «Автоматика» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://td-avtomatika.ru/upload/iblock/0cb/ab738388-e5eb-11e1-9d93-0030486527a0_e732adbc-971b-11e5-988a-0030486527a0.pdf (дата обращения 06.10.2021).

8. Отбор проб и определение коронавирусов в воздухе: мини-обзор. ГБУ «НИИОЗММ ДЗМ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://niioz.ru/upload/medialibrary/b9d/b9dab41d6f77fdab1fc3e8ba8f97ba50.pdf> (дата обращения 07.10.2021).

9. Патент РФ 2007113594/28, 04.11.2007. Зимина Т.М., Лучинин В.В., Гвоздев Ю.А., Герке Р.Р., Гассох О.В., Соловьев А.В. Способ определения биологического загрязнения воздуха и устройство для его осуществления // Патент России № 2337349. 2006.

10. Коронавирус в инфицированном воздухе буду определять автоматические приборы. Интерфероны [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://interferons.info/diseases/covid-19/air_analyze_covid/ (дата обращения 08.10.2021).

References

1. Chto takoe pandemiya soglasno Vsemirnoj organizacii zdorvoohraneniya. ITAR-TASS [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://tass.ru/info/7952651> (data obrashcheniya: 01.10.2021).

2. Global'naya ugroza. Chto oznachet ob'yavlenie pandemii koronavirusa? Argumenty i fakty [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: https://aif.ru/health/coronavirus/globalnaya_ugroza_chno_oznachet_obyavlenie_pandemii_koronavirusa (data obrashcheniya 04.10.2021).

3. Tekhnicheskie soobrazheniya, kasayushchiesya primeneniya podhoda na osnove ocenki riska v sfere mezhdunarodnyh passazhirskih perevozok v usloviyah COVID-19. Vremennye rekomendacii VOZ. [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/342212/WHO-2019-nCoV-Risk-based-international-travel-2021.1-rus.pdf> (data obrashcheniya 05.10.2021).

4. Strategicheskie soobrazheniya, kasayushchiesya primeneniya podhoda na osnove ocenki riska v sfere mezhdunarodnyh passazhirskih perevozok v usloviyah COVID-19. VOZ. [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/342235/WHO-2019-nCoV-Policy-Brief-Risk-based-international-travel-2021.1-rus.pdf> (data obrashcheniya 05.10.2021).

5. Sovremennye sposoby monitoringa virusnyh patogenov i perspektivy sozdaniya sistemy egologo-epidemiologicheskogo monitoringa virusov v okruzhayushchej srede / M.A. Hasnatinov, G.A. Danchinova // Byul. VSNC SO RAMN. – 2011. – №2.

6. Pravila raboty s aspiratorom PU-1B. ООО «ЭкоСфера» [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://ekosf.ru/wp-content/uploads/2020/08/pu-1b.pdf> (data obrashcheniya 06.10.2021).

7. Tekhnicheskie harakteristiki aspiratora PU-1Byu ООО «ТД «Автоматика» [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: https://td-avtomatika.ru/upload/iblock/0cb/ab738388-e5eb-11e1-9d93-0030486527a0_e732adbc-971b-11e5-988a-0030486527a0.pdf (data obrashcheniya 06.10.2021).

8. Otbor prob i opredelenie koronavirusov v vozduhe: mini-obzor. GBU «НИИОЗММ ДЗМ» [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://niioz.ru/upload/medialibrary/b9d/b9dab41d6f77fdab1fc3e8ba8f97ba50.pdf> (data obrashcheniya 07.10.2021).

9. Patent RF 2007113594/28, 04.11.2007. Zimina T.M., Luchinin V.V., Gvozdev YU.A., Gerke R.R., Gassoh O.V., Solov'ev A.V. Sposob opredeleniya biologicheskogo zagryazneniya vozduha i ustrojstvo dlya ego osushchestvleniya // Patent Rossi № 2337349. 2006.

10. Koronavirus v inficirovannom vozduhe budu opredelyat' avtomaticheskie pribory. Interferony [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: https://interferons.info/diseases/covid-19/air_analyze_covid/ (data obrashcheniya 08.10.2021).

Vodolazky V. N., Shvets S.N., Pobeda E.D.

POSSIBILITIES OF MODERN SYSTEMS FOR MONITORING VIRUSES IN THE AIR

The article provides a brief overview of the main applied methods used to control viral air pollution. The importance of monitoring systems in the fight against viral infections is shown. As well as the urgent need for systems of operational control of the viral situation in pandemic, as exemplified by SARS-CoV-2. Some innovative systems of viral control are described (in particular, «Detector – Bio» - a device for automatic indication and identification of pathogenic biological agents) and promising ways of development are indicated.

Key words: aspirator, impactor, polymerase chain reaction, biochip, viruses, monitoring.

Водолазский Владислав Николаевич, магистрант 2 курса кафедры «Приборы», магистерская программа «Инновационные методы и технологии в медицине и

экологии», ГОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

E-mail: vodovladi@mail.ru

Vodolazky Vladislav Nikolaevich, master of 2 courses of the chair “Devices”, Master's Program "Innovative Methods and Technologies in Medicine and Ecology," SEE HT LPR "Lugansk Vladimir Dahl State University".

Швец Светлана Николаевна, к.т.н., доцент, доцент кафедры «Приборы» ГОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

E-mail: myblok@yandex.ru

Shvets Svetlana Nikolayevna, Candidate of Sciences, dosent, a dosent of the chair “Devices”, State Educational Establishment of Higher Education «Lugansk Vladimir Dahl State University».

Победа Екатерина Дмитриевна, студентка группы ГЗ-182 кафедры «Техносферная безопасность» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск

E-mail: ekaterinapobeda15@gmail.com

Pobeda Ekaterina Dmitrievna, student of the group GZ-182 of the Chair «Technosphere safety», SEE HT LPR "Lugansk Vladimir Dahl State University".

Рецензент: Яковенко Валерий Владимирович, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой «Электромеханика» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 19.09.2021 года

УДК 620.179.14

ФУНКЦИЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ФЕРРОЗОНДА С ОДНОПОЛЯРНЫМ ИМПУЛЬСНЫМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ

Мирошниченко О.Н., Ивженко А.А., Яковенко В.В.

THE TRANSFORMATION FUNCTION OF A FERROSONDE WITH UNIPOLAR PULSED EXCITATION

Ivzhenko A.A., Miroshnichenko O.N., Yakovenko V.V.

Рассмотрена математическая модель образования выходного сигнала феррозондового преобразователя для диагностики деталей транспортных машин. Получена функция преобразования датчика с однополярным импульсным возбуждением, которая позволяет определить параметры выходного сигнала и их зависимость от амплитуды импульса возбуждения, а также от магнитных и геометрических параметров сердечников. Результаты численных экспериментов указывают на возможность увеличения коэффициента преобразования датчика.

Ключевые слова. Феррозонд, магнитная проницаемость, обмотка возбуждения, функция преобразования, обмотка, преобразователь, намагниченность, однополярный импульс, функция преобразования, сигнал.

При использовании в транспортных машинах феррозондов в качестве датчиков механических величин, таких как частота вращения зубчатых колес, момент на валу, смещение относительно друг друга ферромагнитных деталей, целостности ферромагнитных деталей, одним из основных требований является помехоустойчивость в присутствии высокого уровня электромагнитных помех и т.п. Это требование можно выполнить путем увеличения коэффициента преобразования феррозонда, за счет чего повышается энергетический уровень выходного сигнала датчика.

Целесообразным является для феррозондов, используемых в качестве датчиков механических величин транспортных машин, а в некоторых случаях при магнитном неразрушающем контроле, применять режим однополярного импульсного возбуждения. Режим однополярного импульсного возбуждения обеспечивает феррозондам высокий коэффициент преобразования и простую схему обработки выходных сигналов и генератора возбуждения. По сравнению с традиционным режимом второй гармоники, однополярное импульсное возбуждение феррозондов делает возможным осуществлять контрольные операции в условиях промышленного производства.

Целью работы является определение функции преобразования феррозонда при однополярном импульсном возбуждении.

Материалы и результаты исследования. Принцип работы феррозондового преобразователя иллюстрируется магнитной системой, показанной на рис. 1, которая, по сути, представляет собой модулятор, встроенный в магнитную цепь датчика. Магнитная цепь может иметь различную конфигурацию и размеры от стержневого варианта до кольца [5].

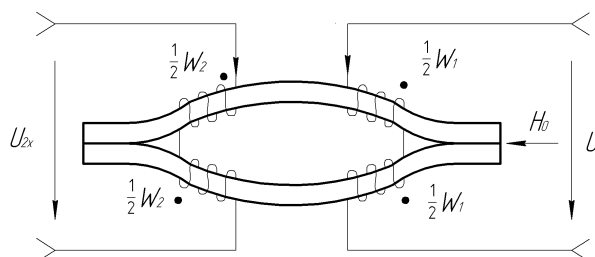


Рис. 1. Магнитная система феррозондового преобразователя

Электрическая принципиальная схема феррозондового преобразователя, для которой определяется функциональная зависимость между амплитудой выходного сигнала и напряженностью измеряемого поля, показана на рис. 2.

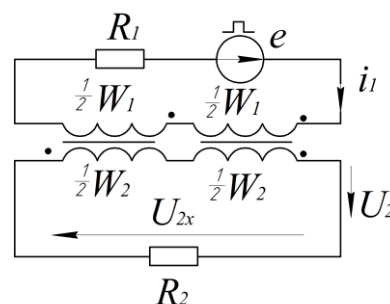


Рис. 2. Электрическая принципиальная схема феррозондового преобразователя

При построении упрощенной математической модели функции преобразования делаются следующие допущения: не учитывается гистерезис магнитного материала сердечников, действие вихревых токов учитывается сопротивлением R_1 , используется кусочно-линейная аппроксимация кривой намагничивания сердечника, сопротивление нагрузки феррозонда считается активным.

Кривая намагничивания полуэлементов феррозонда аппроксимируется двумя прямыми линиями (рис. 3), при $H < H_s$ $B = \mu_0 \mu_m H$ при $H > H_s$ $B = \mu_0 \mu_s H$.

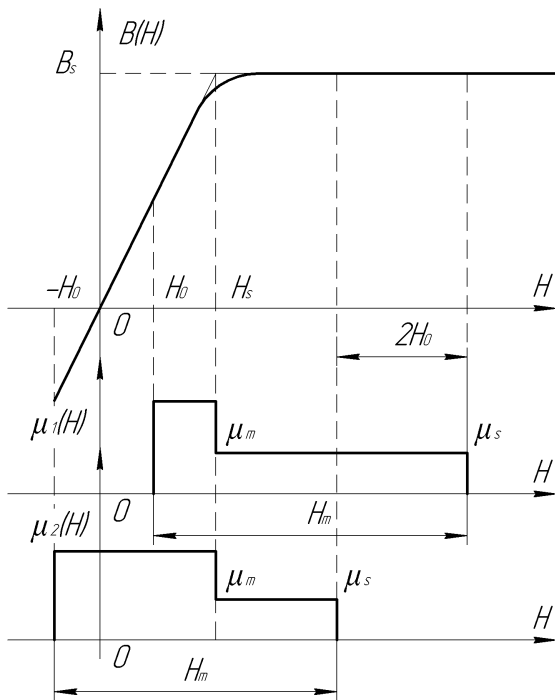


Рис. 3. Аппроксимация функции $B(H)$ и $\mu(H)$

Для расчета функции преобразования феррозонда используется среднее значение проницаемости за цикл перемагничивания сердечников, которое считается равным

$$\begin{aligned} \mu_{cp1} &= \frac{1}{H_m} [H_s \mu_m + H_m \mu_s - (\mu_m + \mu_s) H_0]; \\ \mu_{cp2} &= \frac{1}{H_m} [H_s \mu_m + H_m \mu_s + (\mu_m - 2\mu_s) H_0], \end{aligned} \quad (1)$$

здесь H_s – напряженность насыщения сердечника;

μ_m – магнитная проницаемость сердечника;

μ_s – магнитная проницаемость насыщения;

H_0 – напряженность насыщения сердечника;

H_m – максимальная напряженность насыщения.

Согласно формулам (1), магнитная проницаемость сердечников феррозондов зависит не только от магнитного материала и геометрических параметров сердечников, но и от величины напряженности измеряемого поля и также от величины напряженности поля возбуждения феррозонда.

В обмотку возбуждения феррозонда подается импульс напряжения длительностью t_n и амплитудой U , в результате чего ток в обмотке возбуждения определяется путем решения уравнения (2). Расчет ведется при $R_2 = \infty$, то есть при холостом ходе феррозонда.

$$L_1 \frac{di}{dt} + L_1' \frac{di}{dt} + iR_1 = u(t), \quad (2)$$

$$\text{где } L_1 = \frac{\mu_0 \mu_{cp1} w_1^2 S}{l}, \quad L_1' = \frac{\mu_0 \mu_{cp2} w_1^2 S}{l}$$

или

$$L_1 = L_0 \mu_{cp1}, \quad L_1' = L_0 \mu_{cp2}; \quad L_0 = \frac{\mu_0 w_1^2 S}{l}; \quad S = a \cdot h;$$

$$u(t) = \begin{cases} Unpu & 0 < t \leq t_u, \\ 0 & t > t_u \end{cases}$$

R_1 – активное сопротивление обмотки возбуждения.

Решением уравнения (2) будут функции:

$$i = \frac{U}{R} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right), \quad (3)$$

$$\text{где } \tau = \frac{L_0 (\mu_{cp1} + \mu_{cp2})}{R}, \quad \text{при } 0 < t \leq t_u$$

$$i = i_m e^{-\frac{t}{\tau}}, \quad (4)$$

$$\text{здесь } i_m = \frac{U}{R} \left(1 - e^{-\frac{t_u}{\tau}} \right).$$

Выходное напряжение феррозонда рассчитывается по следующим формулам:

при $t_u \geq t \geq 0$

$$u_{2x} = (L_2' - L_1'') \frac{di}{dt} = U_1 \frac{w_2}{w_1} \cdot \frac{\mu_{cp1} - \mu_{cp2}}{\mu_{cp1} + \mu_{cp2}} e^{-\frac{t}{\tau}}, \quad (5)$$

при $t > \tau_1$

$$u_{2x} = -i_m R_1 \frac{w_2}{w_1} \cdot \frac{\mu_{cp1} - \mu_{cp2}}{\mu_{cp1} + \mu_{cp2}} e^{-\frac{t-t_u}{\tau}}. \quad (6)$$

Таким образом, входной сигнал феррозонда с однополярным импульсным возбуждением рассчитывается по формуле:

$$u_{2x} = U_1 \frac{w_2}{w_1} \frac{(2\mu_m - \mu_s)H_0}{2(H_s\mu_m + H_m\mu_s) - H_0\mu_s} e^{-\frac{t}{\tau}}; \quad (7)$$

при $t_u \geq t \geq 0$;

$$u_{2x} = -i_m R_1 \frac{w_2}{w_1} \frac{(2\mu_m - \mu_s)H_0}{2(H_s\mu_m + H_m\mu_s) - H_0\mu_s} e^{-\frac{t-t_u}{\tau}}; \quad (8)$$

Поскольку $\mu_m \gg \mu_s$, а H_m не намного превышает H_s ($H_m \approx 1,5H_s$), формулы в первом приближении равны при $t_u \geq t \geq 0$;

$$u_{2x} \approx U_1 \frac{w_2}{w_1} \cdot \frac{H_0}{H_s} e^{-\frac{t}{\tau}}, \quad (9)$$

при $t > t_u$.

$$u_{2x} \approx -i_m R_1 \frac{w_2}{w_1} \cdot \frac{H_0}{H_s} e^{-\frac{t-t_u}{\tau}}. \quad (10)$$

Таким образом, максимальным значением выходного напряжения феррозонда, которое является его информационным сигналом пропорционального амплитуде однополярного импульса возбуждения и коэффициентом преобразования феррозонда можно считать величину

$$k_\phi \approx \frac{w_2}{w_1} \cdot \frac{1}{H_s} U_1 \quad (11)$$

Коэффициент преобразования феррозонда второй гармоники равен [1]:

$$k_\phi \approx 4 f S W_2 \mu_0 \mu,$$

где f – частота возбуждения, меньше импульсного в среднем на два порядка.

В дальнейшем определяется выходное напряжение с учетом влияния сопротивления нагрузки R_2 . Эквивалентная схема выходной цепи показана на рис. 4, индуктивность L_2 равна

$$L_2 = L_{02}(\mu_{cp1} + \mu_{cp2}) \approx 2L_{02}\mu_m, L_{02} = \frac{\mu_0 W_2^2 S}{l}.$$

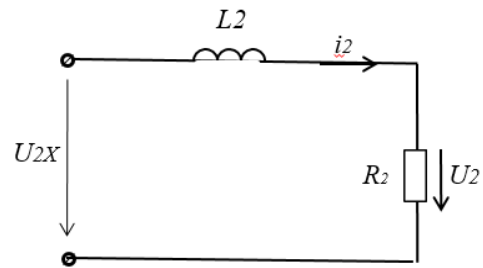


Рис. 4. Эквивалентная схема выходной цепи феррозонда

Выходное напряжение феррозонда, нагруженного сопротивлением R_2 , рассчитывается с помощью интеграла Дюамеля. Обозначается $a = \frac{R_1}{L_1}$; $\beta = \frac{R_2}{L_2}$, тогда выходное напряжение феррозонда при $t_u \geq t \geq 0$ рассчитывается по следующей формуле:

$$u_2 = -U_{2x} \frac{\beta}{a - \beta} (e^{-at} - e^{-\beta t}) \quad (12)$$

здесь $U_{2x} = U_1 \frac{w_2}{w_1} \frac{H_0}{H_s}$;

при $t > t_u$

$$u_2 = U_{2x} (e^{-at} - e^{-\beta t_u}) - \frac{a}{a - \beta} U_{2x} e^{-\beta t} (e^{-(a-\beta)t} - 1) - (U_{2x} e^{-at_u} + i_m R_1) [1 - e^{-\beta(t-t_u)}] - i_m R_1 e^{at_u} e^{-\beta t} \cdot (e^{-(a-\beta)t} - e^{-(a-\beta)t_u}) \frac{a}{a - \beta}. \quad (13)$$

Результаты численных экспериментов. В численных экспериментах использовался феррозондовый преобразователь со стержневыми сердечниками с геометрическими параметрами: $l = 25$ мм – длина сердечников, $2a = 2,5$ мм – ширина сердечников, $h = 0,05$ мм – толщина сердечников [6, 7]. Магнитная проницаемость формы рассчитывалась по формуле [1]

$$m = \frac{0,25\pi(l^2 - 0,25l_w^2)}{2ah \left(\ln \frac{3,6 \cdot l}{h + 2a} - 1 \right)}, \quad (14)$$

где l_w – для сердечников.

Магнитная проницаемость сердечников определяется по формуле:

$$\mu = \frac{\mu_m \cdot m}{\mu_m + m - 1} \approx m, \quad (15)$$

где μ – магнитная проницаемость материала сердечников.

Число витков обмотки возбуждения $W = 200$ витков, выходной обмотки $W_2 = 200$ витков. Длительность импульсов возбуждения $t_u = 1,5, 10$ мкс, амплитуда импульсов $U_1 = 20$ В. Напряженность измеряемого поля $H_0 = 1,5, 10$ А/м. Сопротивление цепи возбуждения $R_1 = 10$ Ом, сопротивление нагрузки $R_2 = 500$ Ом.

Информационным параметром выходного сигнала феррозондового преобразователя является амплитуда положительного импульса. Обратный выброс имеет амплитуду меньшую, чем прямой выброс выходного сигнала феррозондового преобразователя, что простым способом позволяет определить полярность измеряемой напряженности магнитного поля.

Численные эксперименты показали, что результаты расчётов выходного напряжения по формулам (7) и (8) практически совпадают с результатами, определяемыми по формулам (5) и (6). Установлено также, что с увеличением амплитуды импульса возбуждения увеличивается разница между амплитудами положительного и отрицательного сигналов.

При натурном эксперименте феррозондовый преобразователь с указанными при численном расчёте параметрами и режимом работы были помещены в однородное магнитное поле соленоида, их выходной сигнал измерялся вольтметром «пик»-типа. При эксперименте было установлено, что данные, полученные расчётным путём, отличаются от результатов численного эксперимента не более чем на 14-18%.

Выводы:

1. Коэффициент преобразования феррозондового датчика прямопропорционален амплитуде импульса возбуждения, поэтому на два порядка выше коэффициента преобразования феррозондового датчика второй гармоники.

2. Однополярное импульсное возбуждение феррозондового датчика позволяет значительно упростить схемы генератора возбуждения и обработки сигналов.

Литература

- Афанасьев Ю.В. Феррозондовые приборы / Ю.В. Афанасьев. Л.: Энергоатомиздат, 1986.
- Загидуллин Р.В. Распознавание дефектов сплошности в ферромагнитных изделиях: дис. д.т.н.:05.11.13 / Загидуллин Р.В. – Уфа, 2001. – 412.
- Яковенко В.В. Измерение напряжённости поля в зазоре магнитного датчика феррозондом «пик»-типа // Приборостроение – 1983. - № 10. С. 15-19.
- Яковенко В.В., Павлюков В.Ф., Воробьёв Н.Г. К расчёту коэффициента преобразования магнитомодуляционных измерительных преобразователей

с импульсным возбуждением // Приборостроение. – 1983.- №5. – С. 32-36.

5. Безкоровайный В. С. Повышение помехоустойчивости феррозондовых дефектоскопов к магнитным полям помех: дисс. ... канд. техн. наук. – Северодонецк, 2015. – 170 с.

6. Безкоровайный В.С. Математическое моделирование измерительного тракта дефект-феррозонд / В.С. Безкоровайный, В.В. Яковенко, С.Н. Швеца // Наук. №1(28), 2015 с. 231-240.

7. Безкоровайный В.С. Функция преобразования феррозонда с однополярным импульсным возбуждением / В.С. Безкоровайный О.В. Тарасенко, В.В. Яковенко, А.А. Ивченко // Вестник ЛНУ им. В. Даля №4(10) – Луганска, 2018 – 84-89с.

References

- Afanas'ev Ju.V. Ferrozondovye pribory / Ju.V. Afanas'ev. L.: Jenergoatomzdat, 1986.
- Zagiduulin R.V. Raspoznavanie defektov sploshnosti v ferromagnitnyh izdelijah: dis. d.t.n.:05.11.13 / Zagidulin R.V. – Ufa, 2001. – 412.
- Jakovenko V.V. Izmerenie naprjazhonnosti polja v zazore magnitnogo datchika ferrozondom «pik»-tipa // Priborostroenie – 1983. - № 10. S. 15-19.
- Jakovenko V.V., Pavljukov V.F., Vorob'jov N.G. K raschjotu koeficienta preobrazovanija magnitomoduljacionnyh izmeritel'nyh preobrazovatelej s impul'snym vozbuзhdeniem // Priborostroenie. – 1983.- №5. – S. 32-36.
- Bezkorovajnyj V. S. Povysenie pomehoustojchivosti ferrozondovyh defektoskopov k magnitnym poljam pomех: diss. ... kand. tehn. nauk. – Severodoneck, 2015. – 170 s.
- Bezkorovajnyj V.S. Matematicheskoe modelirovanie izmeritel'nogo trakta defekt-ferrozond / V.S. Bezkorovajnyj, V.V. Jakovno, S.N. Shvec // Naikov №1(28), 2015 s. 231-240.
- Bezkorovajnyj V.S. Funkcija preobrazovanija ferrozonda s odnopoljarnym impul'snym vozbuзhdeniem / V.S. Bezkorovajnyj O.V. Tarasenko, V.V. Jakovenko, A.A. Ivchenko // Vestnik LNU im. V. Dalja №4(10) – Luganska, 2018 – 84-89s.

Ivchenko A.A., Miroshnichenko O.N.,
Yakovenko V.V.

THE TRANSFORMATION FUNCTION OF A FERROSONDE WITH UNIPOLAR PULSED EXCITATION

A mathematical model of the formation of the output signal of a fluxgate converter for diagnostics of parts of transport machines is considered. The function of transformation of the sensor with unipolar pulse excitation is obtained, which makes it possible to determine the parameters of the output signal and their dependence on the amplitude of the excitation pulse, as well as on the magnetic and geometric parameters of the cores. The results of numerical experiments indicate the possibility of increasing the conversion factor of the sensor.

Key words: Flux probe, magnetic permeability, excitation winding, conversion function, winding, converter, magnetization, unipolar pulse, conversion function, signal.

Мирошніченко Ольга Николаевна, к.т.н., доцент кафедри «Електромеханіка», ГОУ ВО ЛНР «Луганський державний університет імені Володимира Дала», г. Луганськ.

Miroshnichenko Olga Nikolaevna, Ph.D., Associate Professor of the Department "Electromechanics", SEE HT LPR "Lugansk Vladimir Dahl State University".

Ивженко Анастасия Александровна, ассистент кафедры «Электромеханика», ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», Луганск.

E-mail: Stasya.ivgenko@mail.ru

Ivzhenko Anastasia Aleksandrovna, Assistant Department of Electromechanics, SEE HT LPR "Lugansk Vladimir Dahl State University".

Яковенко Валерий Владимирович, проф., д.т.н., заведующий кафедрой «Электромеханика», ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

E-mail: kaf-el-mex@yandex.ru.

Yakovenko Valery Vladimirovich, prof., Doctor, Head of the Department of Electromechanics, SEE HT LPR "Lugansk Vladimir Dahl State University".

Рецензент: Витренко Владимир Алексеевич, д.т.н., проф., ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

Статья подана 19.09.2021 года

УДК 620.179.14

СТЕНД ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПОЛЕЙ РАССЕЯНИЯ ДЕФЕКТОВ ПРИ ФЕРРОЗОНДОВОМ КОНТРОЛЕ ДЕТАЛЕЙ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

Безкорвайный В.С., Яковенко В.В., Шатова Н.А., Ивженко А.А.

STAND FOR MEASURING FIELDS SCATTERING OF DEFECTS DURING FERROSONDE CONTROL OF MACHINE PARTS AND MECHANISMS

Bezkorovainiy V.S., Yakovenko V.V., Shatova N.A., Ivzhenko A.A.

В статье рассмотрен вариант стенда для проведения экспериментов по определению полей рассеяния дефектов в контролируемой детали при феррозондовой дефектоскопии. Приведены результаты натурного и численного эксперимента по определению параметров поля рассеяния дефектов.

Ключевые слова. Стенд, феррозонд, датчик, напряженность, дефект, поле рассеяния, сталь, натурный эксперимент, техническое диагностирование.

В процессе эксплуатации машин и механизмов необходимо знать их техническое состояние. Выход из строя механизмов происходит внезапно, но подготовка этого отказа производится в течение некоторого времени: изнашивание деталей, возникновение и увеличение размеров дефектов и трещин и другие процессы, зависящие от условий и времени эксплуатации [1, 2].

Для предупреждения этих разрушающих процессов используют техническое диагностирование машин и механизмов.

Техническое диагностирование помогает определить техническое состояние механизмов в заданный момент времени, а также спрогнозировать изменение его технического состояния с целью установления возможного момента отказа.

Для определения предполагаемого момента отказа машины необходимо знание большого количества факторов, в том числе знание процессов развития дефектов и способов их диагностирования.

Целью работы является разработка стенда для проведения экспериментов по определению полей рассеяния дефектов в контролируемой детали при феррозондовой дефектоскопии.

Стенд для проведения экспериментов по определению поля дефектов

Для проведения экспериментов было изготовлено феррозондовое измерительное устройство, структурная схема которого показана на рис. 1.

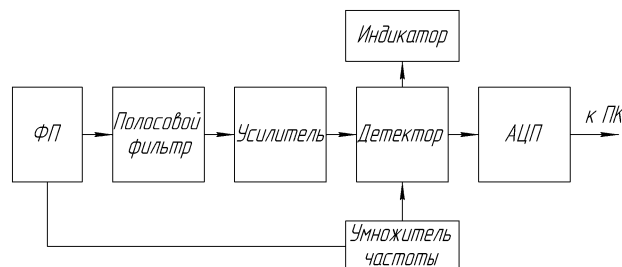


Рис. 1. Структурная схема феррозондового измерительного устройства

Устройство имеет два одинаковых канала обработки сигнала. На рис. 1 показан один канал.

Для проведения натурных экспериментов разработан стенд, конструкция которого приведена на рис. 2.

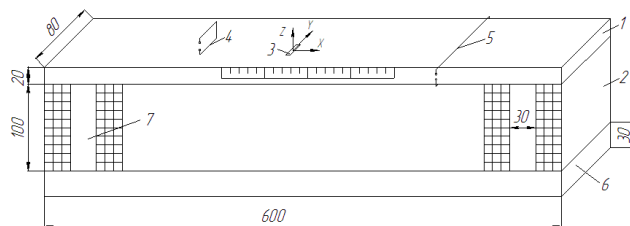


Рис. 2. Конструкция стенда для измерения полей рассеяния дефектов

1 – контролируемая деталь; 2 – катушка намагничивания; 3 – дефект; 4 – катушка для измерения полей рассеяния; 5 – измерительные катушки; 6 – основание; 7 – стойки

Стенд представляет собой замкнутый магнитопровод, состоящий из двух стоек 7 и основания 6. Магнитную цепь стенда замыкает пластина 1, на которой выполнены дефекты. Стойки и основание выполнены из Ст.3, пластина может выполняться из различных материалов в соответствии с требованиями эксперимента. Магнитодвижущую силу в магнитопроводе создают две катушки, расположенные на двух стойках. Схема магнитной цепи стенда показана на рис. 3.

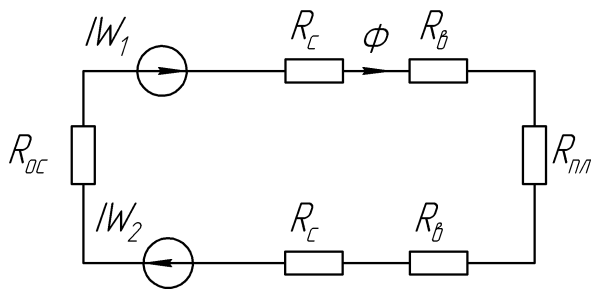


Рис. 3. Схема магнитной цепи стенда

R_c – магнитное сопротивление стоек; R_{oc} – магнитное сопротивление основания; R_δ – магнитное сопротивление воздушного зазора; $R_{пл}$ – магнитное сопротивление пластины; IW – магнитодвижущая сила одной обмотки.

При воздушном зазоре между пластиной и плоскостью стоек 0,05 мм, проводимость магнитной цепи составляет $G = 8 \cdot 10^{-4}$ Гн ($\mu = 800$).

Измерение поля в «точке» производилось феррозондовым устройством (рис. 1). В качестве образцов использовались пластины 1 из углеродистой стали в незакаленном состоянии. Дефекты выполнялись электроискровым методом в виде прямоугольных углублений в пластине. Для имитации подповерхностных дефектов на пластину накладывались пластины различной толщины (2–10 мм) такой же площади, как и основная пластина. Для намагничивания пластины использовались две катушки 2 длиной 120 мм, имеющие по 450 витков провода каждая. Катушки запитывались от выпрямителя, параметры которого давали возможность изменять протекающий в них ток от 1 до 10 А.

Дефект помещается в прямоугольную систему координат X, Y, Z , которая показана на рис. 2. Начало координат находится на поверхности в центре дефекта, ось OY направлена вдоль дефекта, ось OX поперечна стенкам дефекта. Наибольший градиент магнитного поля дефекта имеет вдоль оси OX и OZ в непосредственной близости от дефекта.

Методика экспериментальных исследований. Магнитное поле над пластиной измерялось в области расположения дефекта как катушкой, так и феррозондом в двух режимах: в приложенном и остаточных полях. В приложенном поле напряженность поля в пластине изменялась от 200 А/м до 1500 А/м. Остаточное поле создавалось путем доведения материала пластины до насыщения $M_s = 1,8 \cdot 10^6$ А/м, а затем катушки стенда отключались. Измерялись две составляющие магнитного поля H_x и H_z . Вначале измерялось поле на поверхности пластины с расположенным на ней дефектом. Затем пластина переворачивалась и

измерялась напряженность поля без дефекта H_{0x} , H_{0z} . Составляющие поля вектора напряженности магнитного поля дефекта находились как

$$H_{\partial x} = H_x - H_{0x}; H_{\partial z} = H_z - H_{0z}. \quad (1)$$

Датчик перемещался над поверхностью пластины с дефектом с шагом 0,5 мм при помощи специального приспособления. Расстояние между преобразователем и пластиной изменялось в пределах 0,5–3,5 мм.

В качестве материала пластины использовались следующие марки сталей: Ст. 45 (применяется для коленчатых и распределительных валов, валов-шестерен, шпинделей, шестерен, бандажей, кулачков, цилиндров и др.); сталь 65Г (применяется для спиральных пружин, тормозных лент, рессор, фланцев и др.). Все образцы предварительно перед нанесением дефекта проходили отжиг. Геометрические параметры дефекта изменялись в соответствии с исходными данными. Измерялись максимальные значения функций $H_{\partial x}(x)$, $H_{\partial z}(z) - H_{mx}$, H_{mx} и расстояния между максимальными значениями $H_{\partial z}(z) - \Delta\chi_z$.

В табл. 1 приведены численные данные натурального эксперимента и численного эксперимента, выполненного по методике, предложенной в [3].

В приложенном поле составляющая $H_{\partial x}$ изменяет знак, поэтому измерялся еще один параметр $\Delta\chi_x$.

Поскольку расчет поля дефектов проводился для образцов в форме параллелепипеда, магнитное поле внутри которых меньше внешнего размагничивающего и равно

$$\bar{H}_i = \bar{H}_{CT} - \bar{H}_p, \quad (2)$$

где $\bar{H}_i$ – вектор напряженности магнитного поля внутри образца;

$\bar{H}_{CT}$ – вектор напряженности намагничивающего поля (внешнего);

$\bar{H}_p$ – вектор напряженности размагничивающего поля.

Приблизительно [4]

$$\bar{H}_i = \frac{\bar{H}_{CT}}{1 + \chi N}, \quad (3)$$

где χ – магнитная восприимчивость магнитного материала; N – размагничивающий фактор.

Для рассматриваемых образцов $N = 0,05 - 0,2$; $\chi = 500 - 1000$, то есть

напряженность внутреннего поля в 25–200 раз меньше напряженности внешнего поля.

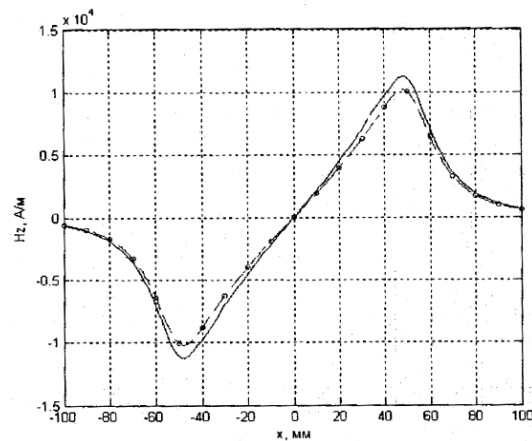
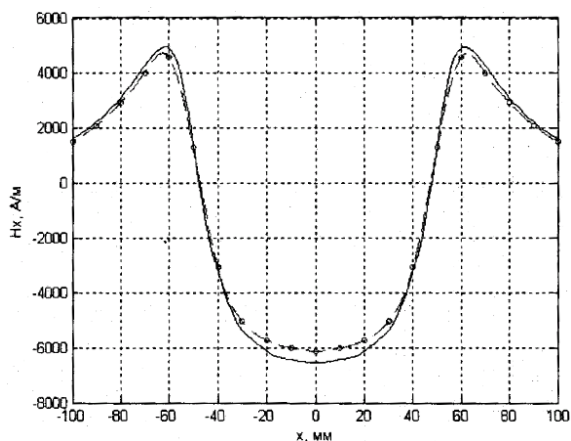
В магнитной цепи экспериментальной установки практически $\bar{H}_{CT} \approx \bar{H}_i$. Поэтому намагниченность пластин устанавливается такой величины, которая соответствует расчетным данным, по этой намагниченности определяется напряженность внутреннего поля $\bar{H}_i$.

Описание результатов измерений. На рис. 4, 5 показаны зависимости составляющих вектора напряженности на расстоянии 10 мм от поверхности образца для двух ферромагнитных материалов: сталь 45 и сталь 65. Образец представлял собой параллелепипед с размерами $100 \times 40 \times 20$ мм. Измерение производилось вдоль длины 200 мм.

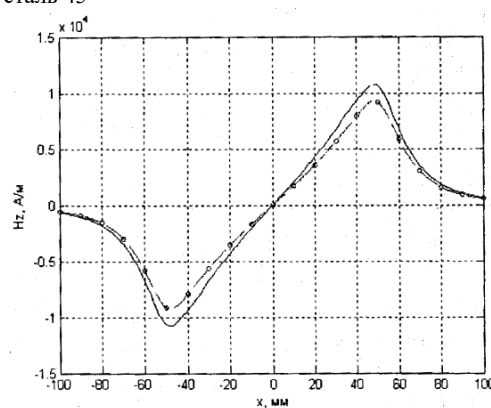
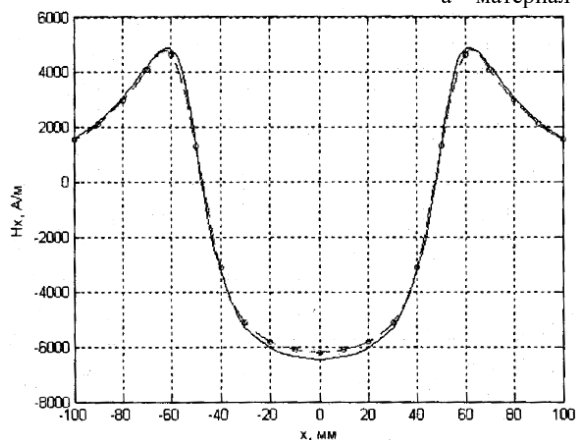
Таблица 1

Результаты экспериментального и численного определения параметров поля рассеяния дефектов в приложенном поле $\bar{H}_i = 420$ А/м (Сталь 65Г)

№	$2a_\theta$, мм	$2b_\theta$, мм	$2c_\theta$, мм	h , мм	Эксперимент				Расчет			
					H_{mx} , А/м	H_{mz} , А/м	Δx_x , мм	Δx_z , мм	H_{mx} , А/м	H_{mz} , А/м	Δx_x , мм	Δx_z , мм
1	0,2	1,8	0,2	2,5	127	124	3,4	3,6	121	115	3,3	3,5
2	0,3	1,8	0,2	2,5	149	147	3,8	3,7	142	134	3,7	3,6
3	0,2	1,8	0,4	2,0	153	141	3,5	3,7	148	137	3,4	3,6
4	0,3	1,8	0,4	2,0	219	212	3,8	4,0	210	204	3,6	3,7
5	0,4	1,8	0,2	3,0	274	268	4,5	4,8	264	258	4,2	4,4
6	0,4	1,8	0,6	3,0	328	320	4,8	5,1	312	304	4,5	4,8



а – материал образца – сталь 45



б – материал образца – сталь 65Г

Рис. 4. Составляющие вектора напряженности магнитного поля H_x и H_z над поверхностью образца при $H_{CT} = 10000$ А/м.

— численный эксперимент
 --- натурный эксперимент

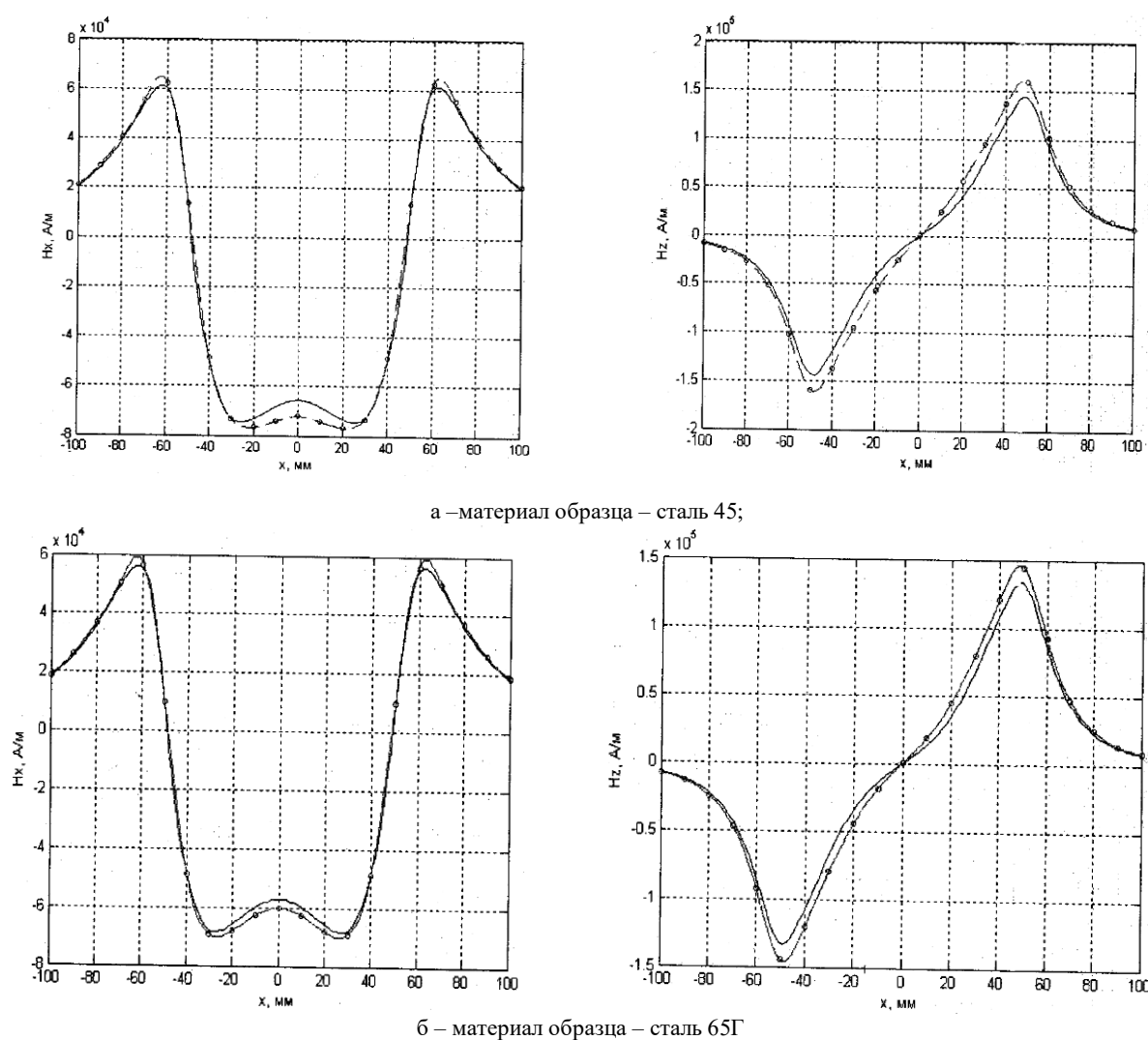


Рис. 5. Составляющие вектора напряженности магнитного поля H_x и H_z над поверхностью образца при $H_{CT} = 150000$ А/м
 ——— численный эксперимент
 - - - - - натурный эксперимент

Из графиков видно, что расчетные и экспериментальные данные отличаются не более чем на 3 %. При малых значениях H_{CT} поля намагниченных образцов выполненных из сталей 45 и 65Г практически совпадают, что иллюстрируется графиками на рис. 4. Это равенство сохраняется до $H_{CT} = 8 \cdot 10^4$ А/м (внутреннее поле в центре образца $H_i = 3000$ А/м). При дальнейшем увеличении H_{CT} наблюдается существенное отличие напряженностей полей над приведенными образцами (внутреннее поле в центре образцов достигает $H_i = 60000$ А/м), что иллюстрируется графиками на рис. 5. При $H_{CT} = 10000$ А/м разность расчетных составляющих H_x в центре над поверхностью образцов для двух сталей составляет 110 А/м, а при $H_{CT} = 150000$ А/м – 5500 А/м, что соответствует данным натурального

эксперимента. То есть при больших намагничивающих полях увеличивается влияние магнитных параметров материалов на поле детали.

Выводы. Разработанный стенд для проведения экспериментов по определению полей рассеяния дефектов в контролируемой детали при феррозондовой дефектоскопии показывает удовлетворительную сходимость результатов с теоретическими расчетами. Расчетные и экспериментальные данные отличаются не более чем на 3 %.

Л и т е р а т у р а

1. Киреев А.Н. Научные основы технического диагностирования машин и агрегатов методами ультразвуковой дефектоскопии дисс. на соискание ученой степени доктора технических наук : 05.02.13 Машины, агрегаты и процессы (по отраслям). – Донбасский государственный технический институт. – Алчевск, 2020. – 327.

2. Техническое диагностирование механического оборудования подъемно-транспортных установок горнодобывающих предприятий / В. Е. Зданевич // *Металлург. процессы и оборудование*. - 2005. - № 2. - С. 74-78.

3. Букреев В. В. К расчету магнитных полей рассеяния дефектов ферромагнитных изделий / В. В. Букреев, Н. П. Корбан, В. В. Яковенко // *Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету ім. М. Остроградського*. - 2010. - № 4 (63). - С. 58-63.

4. Безкоровайный В. С., Яковенко В. В., Ливцов Ю. В. Определение толщины упрочненного слоя металла магнитным методом // *Изв. вузов России. Радиоэлектроника*. - 2018. - № 6. - С. 102-110.

References

1. Kireev A.N. Nauchnye osnovy tehnikeskogo diagnostirovaniya mashin i agregatov metodami ultrazvukovoy defektometrii diss. na soiskanie uchenoj stepeni doktora tehnikeskikh nauk : 05.02.13 Mashiny, agregaty i processy (po otrasljam). - Donbasskij gosudarstvennyj tehnikeskij institut. - Alchevsk, 2020. - 327.

2. Tehnikeskoe diagnostirovanie mehanicheskogo oborudovanija pod#emno-transportnyh ustanovok gornodobyvajushhih predpriyatij / V. E. Zdanovich // *Metallurg. processy i oborudovanie*. - 2005. - № 2. - S. 74-78.

3. Bukreev V. V. K raschetu magnitnyh polej rassejanija defektov ferromagnitnyh izdelij / V. V. Bukreev, N. P. Korban, V. V. Jakovenko // *Visnik Kremenchuc'kogo derzhavnogo politehnic'nogo universitetu im. M. Ostrograds'kogo*. - 2010. - № 4 (63). - S. 58-63.

4. Bezkorovajnyj V. S., Jakovenko V. V., Livcov Ju. V. Opredelenie tolshhiny uprochnennogo sloja metalla magnitnym metodom // *Izv. vuzov Rossii. Radioelektronika*. 2018. № 6. S. 102-110.

Bezkorovainiy V.S., Yakovenko V.V.,

Shatova N.A., Ivzhenko A.A.

STAND FOR MEASURING FIELDS SCATTERING OF DEFECTS DURING FERROSONDE CONTROL OF MACHINE PARTS AND MECHANISMS

The article discusses a variant of a stand for conducting experiments to determine the scattering fields of defects in a controlled part during flux-gate flaw detection. The results of a full-scale and numerical experiment to determine the parameters of the scattering field of defects are presented.

Keywords. *Stand, fluxgate, sensor, tension, defect, stray field, steel, field experiment, technical diagnostics.*

Безкоровайный Владимир Сергеевич, к.т.н., доцент кафедры «Электромеханика», ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

Bezkorovainy Vladimir Sergeevich, Ph.D., Associate Professor of the Department "Electromechanics", SEE HT LPR "Lugansk Vladimir Dahl State University".

Яковенко Валерий Владимирович, проф., д.т.н., заведующий кафедрой «Электромеханика», ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

E-mail: kaf-el-mex@yandex.ru.

Yakovenko Valery Vladimirovich, prof., Doctor, Head of the Department of Electromechanics, SEE HT LPR "Lugansk Vladimir Dahl State University".

Шатова Наталья Александровна, к.т.н., доцент кафедры «Электромеханика», ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

Shatova Natalia Alexandrovna, Ph.D., Associate Professor of the Department "Electromechanics", SEE HT LPR "Lugansk Vladimir Dahl State University".

Ивженко Анастасия Александровна, ассистент кафедры «Электромеханика», ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

E-mail: Stasya.ivgenko@mail.ru

Ivzhenko Anastasia Aleksandrovna, Assistant Department of Electromechanics, SEE HT LPR "Lugansk Vladimir Dahl State University".

Рецензент: Витренко Владимир Алексеевич, д.т.н., проф., ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

Статья подана 15.09.2021

УДК 621.316.1:621.3.017.2.001.24:621.3.017.3.001.24:621.3.016.3(477.61)

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ АКТИВНЫХ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРАХ ЭНЕРГОКОМПАНИЙ, ВЫЗВАННЫХ ТРАНСПОРТИРОВКОЙ ЭНЕРГИИ ПОТРЕБИТЕЛЯМ С НЕСИММЕТРИЧНО РАСПРЕДЕЛЕННОЙ НАГРУЗКОЙ И УЧЕТ АКТИВНЫХ ПОТЕРЬ ЭНЕРГИИ ПРИ ПЕРЕВОДЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ НА КЛАССЫ НАПРЯЖЕНИЙ: 15; 20; 27,5 И 35 КВ

Парсентьев О.С.

ON THE ISSUE OF ASSESSING ACTIVE ENERGY LOSSES IN POWER TRANSFORMERS OF POWER COMPANIES CAUSED BY THE TRANSPORTATION OF ENERGY TO CONSUMERS WITH AN ASYMMETRIC DISTRIBUTED LOAD AND ACCOUNTING FOR ACTIVE ENERGY LOSSES WHEN TRANSFERRING ELECTRICAL NETWORKS TO VOLTAGE CLASSES: 15; 20; 27,5 AND 35 KV

Parsentev O.S.

В статье проанализированы потери на транспортировку электроэнергии в магистральных и распределительных электрических сетях (РЭС) отечественных энергокомпаний и странах дальнего зарубежья.

В работе предлагается на примере РЭС напряжением 6-35 кВ Луганского региона минимизировать в силовых трансформаторах (СТ) основные потери на транспортировку электроэнергии, вызванные первой гармоникой синусоидального тока и напряжения, а также активные потери электроэнергии, вызванные неравномерным распределением нагрузок у потребителей.

Произведен расчет основных потерь активной и реактивной электроэнергии в СТ с сочетанием напряжений 35/10(6) кВ и 10(6)/0,4 кВ РЭС напряжением 6-35 кВ Луганского региона, вызванных первой гармоникой синусоидального тока и напряжения, активных потерь электроэнергии, вызванных неравномерным распределением нагрузок у потребителей, а также активных потерь электроэнергии в СТ с сочетанием напряжений (15; 20; 27,5 и 35)/0,4 кВ при неравномерной нагрузке и техническом перевооружении электрических сетей на классы напряжения: 15; 20; 27,5 и 35 кВ.

По результатам установлено, что наилучшие технико-экономические показатели и минимальные потери электроэнергии присутствуют в двухобмоточных силовых трансформаторах с сочетанием напряжения 27,5/0,4 кВ, большие потери – в СТ с сочетанием напряжений (15; 20 и 35)/0,4 кВ.

Ключевые слова: силовой трехфазный масляный трансформатор, распределительные и магистральные электрические сети, класс напряжения, основные и добавочные годовые потери электроэнергии, неравномерно распределенная нагрузка, токи прямой, нулевой и обратной последовательности.

Введение. Влияние несимметрии токов на показатели качества электрической энергии и уровень потерь при ее транспортировке потребителям (шахта, трамвайная, троллейбусная электротяга, подвижной электрический состав, объекты социальной сферы и т.д.) является одной из наиболее сложных и важных задач, решаемых при строительстве, модернизации и техническом обслуживании распределительных электрических сетей (РЭС).

Длительные несимметричные режимы возникают при неполнофазных режимах работы электрооборудования, а также при подключении несимметрично распределенных электроприемников.

При таких режимах работы в сети присутствует как амплитудная, так и угловая несимметрия токов и напряжений, приводящая в первую очередь к появлению токов и напряжений с порядком чередования фаз, отличным от прямого, – обратной и нулевой последовательности.

Экономика Российской Федерации имеет высокий уровень энергоемкости. Общая мощность генерирующих компаний ЕЭС России на период 2015 года составила 235305,56 МВт и по данным ОАО «Системный Оператор» ЕЭС на 2020 год увеличена до 245-250 ГВт, поэтому энергоэффективность становится важнейшим ресурсом и гарантом формирования необходимого потенциала для дальнейшего развития государства и общества [3,16,22].

Главной проблемой в сфере электроэнергетики России являются потери, связанные с транспортировкой электрической энергии в ЭС.

Уровень потерь при транспортировке электроэнергии, ежегодно вырабатываемой генерирующими установками ЕЭС РФ (1008,25 – 1026,88 млрд кВт×ч) в магистральных электрических сетях классом напряжения 220-500 кВ, достигает 25-27%; в РЭС классом напряжения 35-110 кВ – до 43%, в РЭС напряжением 0,4-20 кВ – до 30-34% [2,3,15,16,22].

Разрешение проблемы энергосбережения и повышения энергоэффективности является одним из восьми приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в России, определенных Указом Президента РФ от 07.07.2011 года № 899 «Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации».

Постановлением Правительства Российской Федерации от 07.12.2015 года №1339 «О внесении изменений в государственную программу «Энергоэффективность и развитие энергетики» в Программу были внесены коррективы к ряду ожидаемых результатов и снижение объемов финансирования подпрограмм в период 2016 – 2018 гг. Предусмотрено также внесение в Программу новых объектов электроэнергетики, которые проектируются вновь, модернизируются или реконструируются.

Результаты скорректированной Программы предусматривают следующие мероприятия:

- снижение энергоемкости ВВП на 9,54% до уровня 2007 года (до корректирования – 13,5%);

- ограничение роста тарифов на основе повышения экономической и энергетической эффективности отрасли;

- снижении потерь электрической энергии при транспортировке потребителю – до 8,8%;

- замена средств учета, которые не отвечают современным требованиям, на интеллектуальные счетчики электроэнергии – до 18,9% и т.д.

Так, внедрение новых энергостандартов эффективности в странах дальнего зарубежья, в том числе для коммерческого холодильного оборудования, электродвигателей и люминисцентных ламп, позволит к 2030 году снизить энергетические затраты на 535 млрд долларов [5].

Таким образом, снижение уровня потерь активной электроэнергии в электрических сетях при ее транспортировке, вызванных несимметричным распределением нагрузки у потребителя является актуальной научно-технической задачей.

Основываясь на результатах практических измерений, можно утверждать о том, что в настоящее время в действующих электрических сетях распространено явление длительной фазной несимметрии нагрузки [2].

ГОСТ 32144-2013 регламентирует значение показателей качества электроэнергии [1]. Согласно

ГОСТу, несимметрия напряжений трехфазной системы оценивается двумя основными показателями качества: коэффициентом несимметрии напряжения по обратной последовательности $K2U$, (%) и коэффициентом несимметрии напряжения по нулевой последовательности $K0U$, (%).

Для данных показателей качества электроэнергии установлены нормы:

- коэффициенты несимметрии напряжений по обратной и нулевой последовательности ($K2U$, $K0U$) в месте разграничения эксплуатационной ответственности с потребителем, средние значения которых взяты в течение 10 мин, за 7 дней на протяжении 95% промежутка времени не должны быть выше 2%;

- коэффициенты несимметрии напряжений по обратной и нулевой последовательности ($K2U$, $K0U$) в месте разграничения эксплуатационной ответственности с потребителем, средние значения которых взяты в течение 10 мин, за 7 дней на протяжении 100% промежутка времени не должны быть выше 4%;

Повсеместное применение однофазных установок высокой мощности (кондиционеры, холодильники, бытовые потребители, объекты социальной сферы, электрическая тяга подвижного состава) приводит к существенному увеличению несимметричных нагрузок, вызывая тем самым несимметрию токов в РЭС и образование токов нулевой и обратной последовательностей. В связи с этим наблюдается смещение нулевой точки системы фазных напряжений, вызывая тем самым несимметрию напряжений.

Нормы качества, установленные ГОСТом, являются обязательными во всех режимах работы систем электроснабжения общего назначения, кроме режимов, зависящих от непредвиденных обстоятельств.

Коэффициент несимметрии напряжения по обратной (нулевой) последовательности характеризует трехфазную систему напряжений основной частоты по отклонению междуфазных (фазных) напряжений от симметрии. При этом учитывается не только неравенство действующих значений напряжений в трех фазах сети, но также и относительный угловой сдвиг фазы между ними.

В связи с широким внедрением в отрасли производства электрической энергии качество электрической энергии, передаваемой потребителю, напрямую влияет на качество и эксплуатационные характеристики электроприемников, их надежность и срок службы. Экспериментально доказано, что больше 50% всех абонентов бытовых потребителей в сельской местности получают некачественную электроэнергию [2, 5]. Однофазные электроустановки тяговых подстанций, включенные в сеть на разноименные фазы сети с несимметрией напряжений, подвергаются влиянию перенапряжения или низкому напряжению, причем

оба явления оказывают негативное влияние. В большей степени этому подвергаются потребители с нелинейной вольт-амперной характеристикой.

Несимметрия в сетях с глухо заземленной нейтралью отрицательно воздействует на работу релейной защиты и автоматики тяговых подстанций, создает погрешность в узле учета электроэнергии и т.д.

В электрической тяге с асинхронными и коллекторными двигателями несимметричный режим работы электрической сети вызывает дополнительные потери электроэнергии в стали и меди, увеличивает противодействующий момент, снижает КПД и полезный момент на валу.

В трехфазной системе электроснабжения несимметрия токов и напряжений в РЭС является причиной снижения ее пропускной способности. При передаче электроэнергии по сетям низкого напряжения 0,4 кВ потери электроэнергии, в случае несимметричных режимов работы, могут превышать в 3 – 4 раза потери при симметричном распределении нагрузок по фазам [15,16,17,18,19].

Несимметричный режим в СТ состоит как из несимметрии напряжений питающей сети, так и несимметрично подключенных однофазных нагрузок со стороны линий электропередач.

Под действием токов несимметричного режима в СТ, имеющих повышенное сопротивление нулевой последовательности (соединение обмоток по схеме «звезда – звезда – ноль»), добавочные потери от магнитных потоков нулевой последовательности достигают 25 – 35% основных потерь, соответственно, потери напряжения возрастают до 15 – 20% и превышают нормально допустимое значение по ГОСТ.

Токи нулевой последовательности создают магнитные потоки, которые замыкаются через ферромагнитные элементы трансформатора с выделением тепловой энергии. Этот процесс вызывает нагрев активной части СТ и изоляции его токоведущих частей, в результате чего незагруженный СТ может испытывать перегрузку вплоть до выхода из строя. Несимметричный режим сети также вызывает негативное воздействие на эффективность работы многофазных выпрямителей в электрической тяге подвижных составов, так как одни выпрямители испытывают перегрузку, а другие остаются загруженными ниже номинального значения и, как следствие, уменьшается допустимая мощность выпрямителя. Несимметричное напряжение вызывает пульсации тока и напряжения на выходе выпрямителя (гармоники двойной частоты), амплитуда которых пропорциональна коэффициенту несимметрии напряжений. Сглаживающие фильтры выпрямителей, не рассчитанные на эти пульсации, также испытывают перегрузки и нередко выходят из строя.

Так как отсутствуют сведения о распределении максимума нагрузки на фазах СТ с сочетанием напряжения 10(6)/0,4 кВ (СТ-10(6)/0,4кВ) РЭС

Луганского региона, то в соответствии с приказом Министерства энергетики РФ от 30.12.2008 года №326 «Об организации в Министерстве энергетики Российской Федерации работы по утверждению нормативов технологических потерь электроэнергии при ее передаче по электрическим сетям» потери активной электроэнергии в СТ, вызванные несимметрией токов, будут определяться через коэффициент увеличения потерь мощности K_P :

$$K_P = \Delta W_{PH} / \Delta W_{PC} = 1 + K_{0I}^2 (r_0 / r_1) + K_{2I}^2, \quad (1)$$

Следовательно, выражение для определения ΔW_{PH} принимает вид:

$$\Delta W_{PH} = \Delta W_{PC} \cdot (1 + K_{0I}^2 (r_0 / r_1) + K_{2I}^2), \quad (2)$$

где ΔW_{PH} – потери электроэнергии в СТ при несимметричном режиме, МВт·ч;

ΔW_{PC} – потери электроэнергии в СТ, обусловленные протеканием токов основной гармоники синусоидального тока, МВт·ч;

K_{0I} – коэффициент несимметрии токов нулевой последовательности, I_{0K} ;

K_{2I} – коэффициент несимметрии токов обратной последовательности, I_{2K} ;

r_0, r_1 – сопротивления, соответственно, нулевой и прямой последовательностей, Ом.

Расчеты потерь активной и реактивной энергии, от действия основной гармоники синусоидального тока и напряжения, при неизменной частоте питающей сети и изменении коэффициента нагрузки на СТ в пределах $0 \leq K_3 \leq 1,0$ проводились по методике [4] без учета следующих электрических потерь энергии:

- связанных с транспортировкой электрической энергии в ЛЭП напряжением 6 -110 кВ;

- в СТ, балансодержателями которых не являются энергокомпании Луганского региона;

- в коммутационно-защитных аппаратах, контрольно-измерительном оборудовании и ошиновке напряжением 6-110 кВ, связанных с образованием переходного сопротивления между контактами;

- от действия электромагнитных переходных процессов, возникающих в результате коммутации в электрических сетях, действия токов одно-, двух-, трехфазного и межвиткового короткого замыкания, бросков токов намагничивания при включении СТ в работу;

- в стали и обмотках СТ от несинусоидальности магнитной индукции, вызванных колебанием подводимого напряжения и т.д.

Для расчета ожидаемых (сверхнормируемых) потерь активной электроэнергии в СТ -10(6)/0,4 кВ Луганского региона, вызванных несимметрией

нагрузки, а также при оценке величины этих потерь при техническом переоснащении и установке трансформаторов с сочетанием напряжений 15/20/27,5; 35/0,4 кВ принимается, что нагрузка на них изменяется в пределах $0 < K_3 \leq 1,0$ коэффициенты нулевой и обратной последовательности K_{0I} и K_{2I} изменяются от 0 до 1,0 отношение сопротивлений нулевого и фазного проводов принимается равным $r_0/r_1 = 1$ и 2.

В табл.1–4 представлены годовые потери активной и реактивной электроэнергии в стали и

обмотках СТ с сочетанием напряжений 10(6)/0,4 кВ, 35/10(6) кВ, 110/10(6) кВ и 110/35/10(6) кВ энергокомпаний Луганского региона в зависимости от изменения коэффициента нагрузки $0 \leq K_3 \leq 1,0$, взятые из [8 -14,17] и рассчитанные по [4] и активные потери электроэнергии от несимметричных режимов работы в СТ с сочетанием напряжений 10(6)/0,4 кВ, вызванных неравномерным распределением нагрузки потребителей по фазам.

Таблица 1

Результаты расчета годовых потерь активной и реактивной энергии в СТ с сочетанием напряжений 10(6)/0,4 кВ, 35/10(6) кВ, 110/10(6) кВ и 110/35/10 (6) кВ энергокомпаний Луганского региона

№ п/п	Расчетные параметры	Расчеты без учета несинусоидальности индукции для СТ с сочетанием напряжения обмоток, кВ				
		6/0,4	10/0,4	35/10(6)	110/10(6) кВ	110/35/10(6)кВ
1	Суммарная номинальная мощность СТ $\sum S_{ном}, кВА$	1618238	1354130,50	2475060	3146 900	3154000
2	Годовые потери активной энергии в стали СТ $\sum W_{год.групп}^{(P)}, МВт \cdot час$	46360,37	38120,15	33942,37	27 905,86	31 676,16
3	Годовые потери реактивной энергии в стали СТ $\sum W_{год.групп}^{(Q)}, МВАр \cdot час$	437102,56	351832,46	196789,42	171065,10	220229,99
4	Годовые потери активной энергии в стали и обмотках СТ $\sum W_{год.групп}^{(P_{xx}+P_{кз})}, МВт \cdot час$	263118,16	232772,17	189190,60	160462,18	180683,76
5	Годовые потери реактивной энергии в стали и обмотках СТ $\sum W_{год.групп}^{(Q_{xx}+Q_{кз})}, МВАр \cdot час$	1119897,55	900265,57	1960256,67	3062456,56	3117370,13

Таблица 2

Распределение активных и реактивных потерь электроэнергии в стали и обмотках СТ с подводимым напряжением 6-110 кВ в зависимости от коэффициента нагрузки K_3

№ п/п	СТ с сочетанием напряжений	Активные и реактивные потери в стали и обмотках СТ	Значения коэффициента загрузки СТ K_3 , о.е.				
			0	0,25	0,5	0,75	1,0
1	СТ-6/0,4кВ	$\sum W_{год.групп}^{(P_{xx}+P_{кз})}, МВт \cdot час$	46360,37	59907,73	100549,82	168286,63	263118,16
		$\sum W_{год.групп}^{(Q_{xx}+Q_{кз})}, МВАр \cdot час$	437102,56	479777,25	607801,31	821174,75	1119897,55
2	СТ-10/0,4кВ	$\sum W_{год.групп}^{(P_{xx}+P_{кз})}, МВт \cdot час$	38120,15	50285,90	86783,15	147611,91	232772,17
		$\sum W_{год.групп}^{(Q_{xx}+Q_{кз})}, МВАр \cdot час$	351832,46	386109,53	488940,74	660326,08	900265,57
3	СТ-35/10(6) кВ	$\sum W_{год.групп}^{(P_{xx}+P_{кз})}, МВт \cdot час$	33942,37	43645,39	72754,43	121269,50	189190,60
		$\sum W_{год.групп}^{(Q_{xx}+Q_{кз})}, МВАр \cdot час$	196789,42	307006,12	637656,23	1188739,75	1960256,67
4	СТ-110/10(6) кВ	$\sum W_{год.групп}^{(P_{xx}+P_{кз})}, МВт \cdot час$	27905,86	36190,63	61044,94	102468,79	160462,18
		$\sum W_{год.групп}^{(Q_{xx}+Q_{кз})}, МВАр \cdot час$	171065,10	351777,07	893912,97	1797472,80	3062456,56
5	СТ-110/35/10(6)кВ	$\sum W_{год.групп}^{(P_{xx}+P_{кз})}, МВт \cdot час$	31676,16	40989,14	68928,06	115492,94	180683,76
		$\sum W_{год.групп}^{(Q_{xx}+Q_{кз})}, МВАр \cdot час$	220229,99	401301,25	944515,03	1849871,32	3117370,13

Таблица 3

Сверхнормативные потери активной электроэнергии, вызванные несимметричным распределением нагрузки в существующих СТ с сочетанием напряжений 10(6)/0,4 кВ РЭС Луганского региона, рассчитанные при следующих начальных условиях: $r_0/r_1 = 1$; $0 < K_3 \leq 1$; $0 < (K_{0I}, K_{2I}) \leq 1$

K_3	0<	0,25	0,5	0,75	1
$\sum W_{\text{зод6кВ}}^{P_X + P_{K3}}, MBm \cdot \text{ч}$	46360,37	59907,73	100549,82	168286,63	263118,16
$\sum W_{\text{зод10кВ}}^{P_X + P_{K3}}, MBm \cdot \text{ч}$	38120,15	50285,9	86783,15	147611,91	232772,17
$K_{0I} = 0,1; K_{2I} = 0,1$					
$\sum W_{\text{зод6кВ}}^{P_X + P_{K3}}, MBm \cdot \text{ч}$	47287,577	61105,88	102560,8	171652,4	268380,5
$\sum W_{\text{зод10кВ}}^{P_X + P_{K3}}, MBm \cdot \text{ч}$	38882,553	51291,62	88518,81	150564,1	237427,6
$K_{0I} = 0,2; K_{2I} = 0,2$					
$\sum W_{\text{зод6кВ}}^{P_X + P_{K3}}, MBm \cdot \text{ч}$	50069,2	64700,35	108593,8	181749,6	284167,6
$\sum W_{\text{зод10кВ}}^{P_X + P_{K3}}, MBm \cdot \text{ч}$	41169,762	54308,77	93725,8	159420,9	251393,9
$K_{0I} = 0,4; K_{2I} = 0,4$					
$\sum W_{\text{зод6кВ}}^{P_X + P_{K3}}, MBm \cdot \text{ч}$	61195,688	79078,2	132725,8	222138,4	347316
$\sum W_{\text{зод10кВ}}^{P_X + P_{K3}}, MBm \cdot \text{ч}$	50318,598	66377,39	114553,8	194847,7	307259,3
$K_{0I} = 0,6; K_{2I} = 0,6$					
$\sum W_{\text{зод6кВ}}^{P_X + P_{K3}}, MBm \cdot \text{ч}$	79739,836	103041,3	172945,7	289453	452563,2
$\sum W_{\text{зод10кВ}}^{P_X + P_{K3}}, MBm \cdot \text{ч}$	65566,658	86491,75	149267	253892,5	400368,1
$K_{0I} = 0,8; K_{2I} = 0,8$					
$\sum W_{\text{зод6кВ}}^{P_X + P_{K3}}, MBm \cdot \text{ч}$	105701,64	136589,6	229253,6	383693,5	599909,4
$\sum W_{\text{зод10кВ}}^{P_X + P_{K3}}, MBm \cdot \text{ч}$	86913,942	114651,9	197865,6	336555,2	530720,5
$K_{0I} = 1,0; K_{2I} = 1,0$					
$\sum W_{\text{зод6кВ}}^{P_X + P_{K3}}, MBm \cdot \text{ч}$	139081,11	179723,2	301649,5	504859,9	789354,5
$\sum W_{\text{зод10кВ}}^{P_X + P_{K3}}, MBm \cdot \text{ч}$	114360,45	150857,7	260349,5	442835,7	698316,5

Таблица 4

Сверхнормативные потери активной электроэнергии, вызванные несимметричным распределением нагрузки в существующих СТ с сочетанием напряжений 10(6)/0,4 кВ РЭС Луганского региона, рассчитанные при следующих начальных условиях: $r_0/r_1 = 2$; $0 < K_3 \leq 1$; $0 < (K_{0I}, K_{2I}) \leq 1$

K_3	0<	0,25	0,5	0,75	1
$\sum W_{\text{зод6кВ}}^{P_X + P_{K3}}, MBm \cdot \text{ч}$	46360,37	59907,73	100549,82	168286,63	263118,16
$\sum W_{\text{зод10кВ}}^{P_X + P_{K3}}, MBm \cdot \text{ч}$	38120,15	50285,9	86783,15	147611,91	232772,17
$K_{0I} = 0,1; K_{2I} = 0,1$					
$\sum W_{\text{зод6кВ}}^{P_X + P_{K3}}, MBm \cdot \text{ч}$	47751,181	61704,96	103566,3	173335,2	271011,7
$\sum W_{\text{зод10кВ}}^{P_X + P_{K3}}, MBm \cdot \text{ч}$	39263,755	51794,48	89386,64	152040,3	239755,3
$K_{0I} = 0,2; K_{2I} = 0,2$					
$\sum W_{\text{зод6кВ}}^{P_X + P_{K3}}, MBm \cdot \text{ч}$	51923,614	67096,66	112615,8	188481	294692,3
$\sum W_{\text{зод10кВ}}^{P_X + P_{K3}}, MBm \cdot \text{ч}$	42694,568	56320,21	97197,13	165325,3	260704,8

Продолжить табл. 4

K_3	0<	0,25	0,5	0,75	1
$K_{0I} = 0,4; K_{2I} = 0,4$					
$\sum W_{\text{зод}6\text{кВ}}^{P_X + P_{K3}}, \text{МВт} \cdot \text{ч}$	68613,348	88663,44	148813,7	249064,2	389414,9
$\sum W_{\text{зод}10\text{кВ}}^{P_X + P_{K3}}, \text{МВт} \cdot \text{ч}$	56417,822	74423,13	128439,1	218465,6	344502,8
$K_{0I} = 0,6; K_{2I} = 0,6$					
$\sum W_{\text{зод}6\text{кВ}}^{P_X + P_{K3}}, \text{МВт} \cdot \text{ч}$	96429,57	124608,1	209143,6	350036,2	547285,8
$\sum W_{\text{зод}10\text{кВ}}^{P_X + P_{K3}}, \text{МВт} \cdot \text{ч}$	79289,912	104594,7	180509	307032,8	484166,1
$K_{0I} = 0,8; K_{2I} = 0,8$					
$\sum W_{\text{зод}6\text{кВ}}^{P_X + P_{K3}}, \text{МВт} \cdot \text{ч}$	135372,28	174930,6	293605,5	491397	768305
$\sum W_{\text{зод}10\text{кВ}}^{P_X + P_{K3}}, \text{МВт} \cdot \text{ч}$	111310,84	146834,8	253406,8	431026,8	679694,7
$K_{0I} = 1,0; K_{2I} = 1,0$					
$\sum W_{\text{зод}6\text{кВ}}^{P_X + P_{K3}}, \text{МВт} \cdot \text{ч}$	185441,48	239630,9	402199,3	673146,5	1052473
$\sum W_{\text{зод}10\text{кВ}}^{P_X + P_{K3}}, \text{МВт} \cdot \text{ч}$	152480,6	201143,6	347132,6	590447,6	931088,7

Детальное изучение РЭС напряжением 6-35кВ Луганского региона показало, что при осуществлении модернизации необходимо заменить для внедрения одного из классов напряжения:

– 15 кВ, СТ с сочетанием напряжений 10(6)/0,4 кВ в количестве 12342 шт., на аналогичное количество СТ с сочетанием напряжений 15/0,4 кВ и 237 СТ с сочетанием напряжений 110/10(6) кВ и 110/35/10(6) кВ на СТ с сочетанием напряжений 110/15 кВ;

– 20 кВ, СТ с сочетанием напряжений 10(6)/0,4 кВ в количестве 12342 шт., на аналогичное количество СТ с сочетанием напряжений 20/0,4 кВ и 237 СТ с сочетанием напряжений 110/10(6) кВ и 110/35/10(6) кВ на СТ с сочетанием напряжений 110/20 кВ;

– 27,5 кВ, СТ с сочетанием напряжений 10(6)/0,4 кВ в количестве 12342 шт., на аналогичное количество СТ с сочетанием напряжений 27,5/0,4 кВ и 237 СТ с сочетанием напряжений 110/10(6) кВ и 110/35/10(6) кВ на СТ с сочетанием напряжений 110/27,5 кВ;

– 35 кВ, СТ с сочетанием напряжений 35/10(6) кВ 10(6)/0,4 кВ в количестве 12769 шт. на аналогичное количество СТ с сочетанием напряжений 35/0,4 кВ и 140 СТ с сочетанием напряжений 110/10(6) кВ на СТ с сочетанием напряжений 110/35 кВ.

Установку СТ следует производить, отслеживая ежемесячную динамику роста максимальных электрических нагрузок в летний и зимний периоды, вызванную бытовыми потребителями, объектами социальной сферы, торговыми центрами и т.д., а также учесть фактор прироста мощности на электрические сети в перспективе.

Детальный анализ материалов, представленных в [8,17,18,19], позволяет сделать заключение о том, что в энергокомпаниях Луганского региона замене подлежат **468** СТ с сочетанием напряжений 10/0,4 кВ до 1970 года выпуска, номинальной мощностью **108615 кВА**.

Исходя из вышесказанного, силовые трансформаторы номинальной мощностью 50 и 75 кВА следует заменить на трансформаторы мощностью 63 и 100 кВА, трансформаторы мощностью 180 и 200 кВА следует заменить на силовые трансформаторы мощностью 250 кВА, трансформаторы мощностью 315 и 320 кВА – на силовые трансформаторы мощностью 400 кВА, а силовые трансформаторы мощностью 560 и 800 кВА, соответственно, заменить на силовые трансформаторы мощностью 630 и 1000 кВА, тем самым учесть фактор прироста мощности на распределительные сети в перспективе.

В табл. 5 – 16 представлены результаты расчета годовых основных и добавочных потерь активной и реактивной электроэнергии в зависимости от изменяющейся нагрузки $0 \leq K_3 \leq 1$ в СТ с сочетанием напряжений (6, 10, 15, 20, 27,5 и 35)/0,4 кВ, рассчитанные по методике [4], активные потери электроэнергии по рассчитанные по формулам (1)-(2) настоящей статьи, после принятых вариантов модернизации РЭС Луганского региона и представлены зависимости $W_{\text{зод}0,15-35\text{кВ}}^P = f(K_3)$ (на рис. 1-4), при начальных условиях, когда нагрузка потребителей на СТ изменяется в пределах $0 < K_3 \leq 1,0$, коэффициенты нулевой и обратной последовательности K_{0I} и K_{2I} изменяются от 0 до 1,0, отношение сопротивлений нулевого и фазного проводов принимается равным $r_0/r_1 = 1$ и 2.

Вариант 1. Модернизация и перевод существующих РЭС Луганского региона на класс напряжения 15 кВ.

Таблица 5

Сравнительный анализ распределения годовых потерь активной и реактивной электроэнергии в стали и обмотках СТ с сочетанием напряжений 6,10, 15/0,4 кВ и 35/10(6) кВ, рассчитанных по [4], до и после принятого варианта реконструкции РЭС напряжением 6 – 35 кВ энергокомпаний Луганского региона

№ п/п	РЭС напряжением	Годовые, активные и реактивные потери в стали и обмотках СТ	Значения коэффициента нагрузки СТ K_3 , о.е.				
			0	0,25	0,5	0,75	1,0
1	6-35 кВ до оптимизации	$\Sigma W_{\text{групп. опт}}^{(P_{\text{ст}}+P_{\text{кз}})}, \text{MBт} \cdot \text{час}$	118422,89	153839,02	260087,4	437168,04	685080,93
		$\Sigma W_{\text{групп. опт}}^{(Q_{\text{ст}}+Q_{\text{кз}})}, \text{MBAp} \cdot \text{час}$	985724,44	1172892,9	1734398,28	2670240,58	3980419,79
2	15 кВ после проведения оптимизации масляными СТ-15/0,4 кВ	$\Sigma W_{\text{групп. опт}}^{(P_{\text{ст}}+P_{\text{кз}})}, \text{MBт} \cdot \text{час}$	58663,27	80819,06	147286,44	258065,40	413155,94
		$\Sigma W_{\text{групп. опт}}^{(Q_{\text{ст}}+Q_{\text{кз}})}, \text{MBAp} \cdot \text{час}$	506560,03	592472,85	850211,32	1279775,44	1881165,20

Анализ табл. 5 позволяет сделать заключение о том, что при реконструкции РЭС 6-35 кВ Луганского региона и замене существующих СТ с сочетанием напряжений 35,10(6)/0,4 кВ на масляные трансформаторы ТМ с сочетанием напряжений 15/0,4 кВ можно будет снизить в последних при

изменении нагрузки в пределах ($0 \leq K_3 \leq 1$) суммарные годовые потери в стали и обмотках:

- активной электроэнергии в 2,02-1,66 раза;
- реактивной электроэнергии в 1,95-2,12 раза.

Таблица 6

Ожидаемые сверхнормативные потери активной электроэнергии, вызванные несимметричным распределением нагрузки в СТ с сочетанием напряжений 15/0,4 кВ при модернизации и переводе РЭС Луганского региона на класс напряжения 15 кВ, рассчитанные при следующих начальных условиях:

$$r_0/r_1 = 1; 0 < K_3 \leq 1; 0 < (K_{0I}, K_{2I}) \leq 1$$

K_3	0<	0,25	0,5	0,75	1
$\Sigma W_{\text{год15кВ}}^{P_{\text{ст}}+P_{\text{кз}}}, \text{MBт} \cdot \text{ч}$	58663,27	80819,06	147286,44	258065,4	413155,94
$K_{0I} = 0,1; K_{2I} = 0,1$					
$\Sigma W_{\text{год15кВ}}^{P_{\text{ст}}+P_{\text{кз}}}, \text{MBт} \cdot \text{ч}$	59836,535	82435,44	150232,2	263226,7	421419,1
$K_{0I} = 0,2; K_{2I} = 0,2$					
$\Sigma W_{\text{год15кВ}}^{P_{\text{ст}}+P_{\text{кз}}}, \text{MBт} \cdot \text{ч}$	63356,332	87284,58	159069,4	278710,6	446208,4
$K_{0I} = 0,4; K_{2I} = 0,4$					
$\Sigma W_{\text{год15кВ}}^{P_{\text{ст}}+P_{\text{кз}}}, \text{MBт} \cdot \text{ч}$	77435,516	106681,2	194418,1	340646,3	545365,8
$K_{0I} = 0,6; K_{2I} = 0,6$					
$\Sigma W_{\text{год15кВ}}^{P_{\text{ст}}+P_{\text{кз}}}, \text{MBт} \cdot \text{ч}$	100900,82	139008,8	253332,7	443872,5	710628,2
$K_{0I} = 0,8; K_{2I} = 0,8$					
$\Sigma W_{\text{год15кВ}}^{P_{\text{ст}}+P_{\text{кз}}}, \text{MBт} \cdot \text{ч}$	133752,26	184267,5	335813,1	588389,1	941995,5
$K_{0I} = 1,0; K_{2I} = 1,0$					
$\Sigma W_{\text{год15кВ}}^{P_{\text{ст}}+P_{\text{кз}}}, \text{MBт} \cdot \text{ч}$	175989,81	242457,2	441859,3	774196,2	1239468

Таблица 7

Ожидаемые сверхнормативные потери активной электроэнергии, вызванные несимметричным распределением нагрузки в СТ с сочетанием напряжений 15/0,4 кВ при модернизации и переводе РЭС Луганского региона на класс напряжения 15 кВ, рассчитанные при следующих начальных условиях:

$$r_0/r_1 = 2; 0 < K_3 \leq 1; 0 < (K_{0I}, K_{2I}) \leq 1$$

K_3	0<	0,25	0,5	0,75	1
$\sum W_{200,15кВ}^{P_X+P_{K3}}, MBm \cdot \mu$	58663,27	80819,06	147286,44	258065,4	413155,94
$K_{0I} = 0,1; K_{2I} = 0,1$					
$\sum W_{200,15кВ}^{P_X+P_{K3}}, MBm \cdot \mu$	60423,168	83243,63	151705	265807,4	425550,6
$K_{0I} = 0,2; K_{2I} = 0,2$					
$\sum W_{200,15кВ}^{P_X+P_{K3}}, MBm \cdot \mu$	65702,862	90517,35	164960,8	289033,2	462734,7
$K_{0I} = 0,4; K_{2I} = 0,4$					
$\sum W_{200,15кВ}^{P_X+P_{K3}}, MBm \cdot \mu$	86821,64	119612,2	217983,9	381936,8	611470,8
$K_{0I} = 0,6; K_{2I} = 0,6$					
$\sum W_{200,15кВ}^{P_X+P_{K3}}, MBm \cdot \mu$	122019,6	168103,6	306355,8	536776	859364,4
$K_{0I} = 0,8; K_{2I} = 0,8$					
$\sum W_{200,15кВ}^{P_X+P_{K3}}, MBm \cdot \mu$	171296,75	235991,7	430076,4	753551	1206415
$K_{0I} = 1,0; K_{2I} = 1,0$					
$\sum W_{200,15кВ}^{P_X+P_{K3}}, MBm \cdot \mu$	234653,08	323276,2	589145,8	1032262	1652624

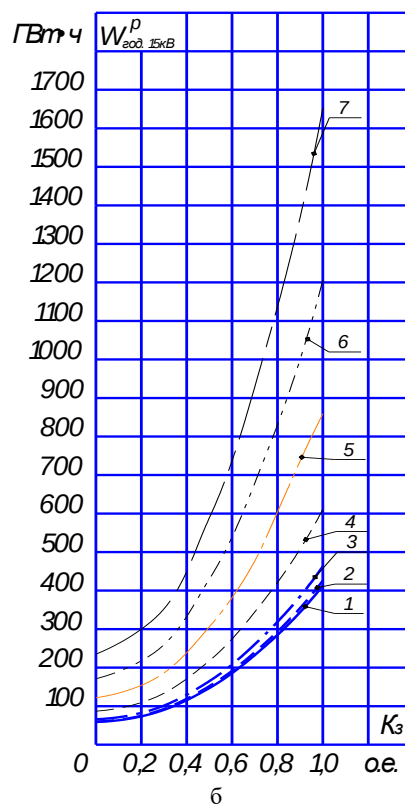
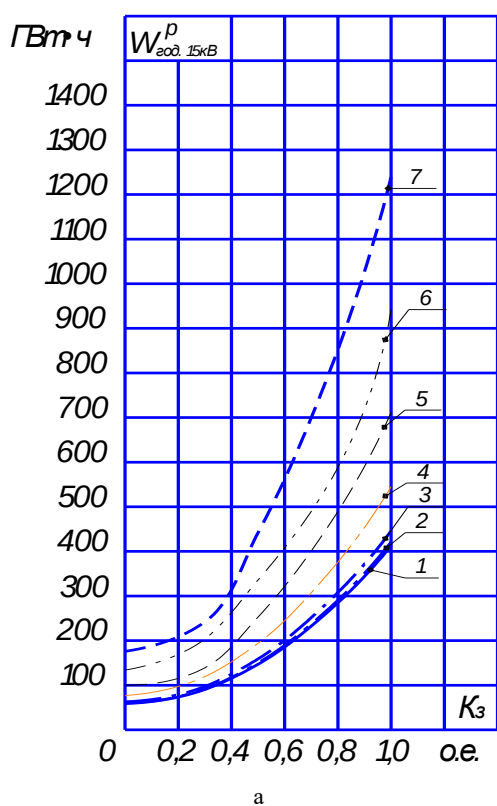


Рис.1. Семейство характеристик $W_{200,15кВ}^P = f(K_3)$, построенных для СТ – 15/0,4 кВ при начальных условиях $0 < K_3 \leq 1; 0 < (K_{0I}, K_{2I}) \leq 1$, для случая, когда $r_0/r_1 = 1$ (а) и $r_0/r_1 = 2$ (б), при изменении коэффициентов несимметрии токов: 1. $K_{0I}, K_{2I} = 0$; 2. $K_{0I}, K_{2I} = 0,1$; 3. $K_{0I}, K_{2I} = 0,2$; 4. $K_{0I}, K_{2I} = 0,4$; 5. $K_{0I}, K_{2I} = 0,6$; 6. $K_{0I}, K_{2I} = 0,8$; 7. $K_{0I}, K_{2I} = 1,0$

Анализ годовых потерь активной электроэнергии, вызванных несимметрично изменяющейся нагрузкой на СТ с сочетанием напряжений 15/0,4 кВ в пределах $0 \leq K_3 \leq 1$, при соотношении $r_0/r_1 = 1$ и изменении коэффициентов несимметрии токов по обратной и нулевой последовательности в пределах $0 < K_{0I}, K_{2I} \leq 1$ позволяет сделать заключение о том, что они увеличиваются в 1,02 – 3,0 раза в сравнении с годовыми потерями активной электроэнергии в аналогичных по конструктивному исполнению и сочетанию напряжений трансформаторах, вызванных действием основной гармоники синусоидального тока, напряжения и симметрично распределенной нагрузке [4].

Анализ годовых потерь активной электроэнергии, вызванных несимметрично изменяющейся нагрузкой на СТ с сочетанием напряжений 15/0,4 кВ в пределах

$0 \leq K_3 \leq 1$, при соотношении $r_0/r_1 = 2$ и изменении коэффициентов несимметрии токов по обратной и нулевой последовательности в пределах $0 < K_{0I}, K_{2I} \leq 1$ позволяет сделать заключение о том, что они увеличиваются в 1,03 – 4,0 раза, в сравнении с годовыми потерями активной электроэнергии в аналогичных по конструктивному исполнению и сочетанию напряжений трансформаторах, вызванных действием основной гармоники синусоидального тока, напряжения и симметрично-распределенной нагрузке [4].

Стремительный рост активных потерь электроэнергии начинается в СТ при соотношениях $r_0/r_1 = 1; 2$, когда значение коэффициентов несимметрии токов превышает уровень $K_{0I}, K_{2I} \geq 0,4$.

Вариант 2. Модернизация и перевод существующих РЭС Луганского региона на класс напряжения 20 кВ [6,7].

Таблица 8

Сравнительный анализ распределения годовых потерь активной и реактивной электроэнергии в стали и обмотках СТ с сочетанием напряжений 6,10,20/0,4 кВ и 35/10(6) кВ, рассчитанных по [4], до и после принятого варианта реконструкции РЭС напряжением 6 – 35 кВ энергокомпаний Луганского региона

№ п/п	РЭС напряжением	Годовые, активные и реактивные потери в стали и обмотках СТ	Значения коэффициента нагрузки СТ K_3 , о.е.				
			0	0,25	0,5	0,75	1,0
1	6-35 кВ до оптимизации	$\Sigma W_{\text{групп.онт.}}^{(P_{\Sigma}+P_{\Sigma})}, \text{MBm} \cdot \text{час}$	118422,89	153839,02	260087,4	437168,04	685080,93
		$\Sigma W_{\text{групп.онт.}}^{(Q_{\Sigma}+Q_{\Sigma})}, \text{MBAp} \cdot \text{час}$	985724,44	1172892,9	1734398,28	2670240,58	3980419,79
2	20 кВ после проведения оптимизации масляными СТ-20/0,4 кВ	$\Sigma W_{\text{групп.онт.}}^{(P_{\Sigma}+P_{\Sigma})}, \text{MBm} \cdot \text{час}$	66040,24	88031,45	154005,09	263961,16	417899,65
		$\Sigma W_{\text{групп.онт.}}^{(Q_{\Sigma}+Q_{\Sigma})}, \text{MBAp} \cdot \text{час}$	536477,67	621941,30	878332,18	1305650,32	1903895,71

Анализ табл. 8 позволяет сделать заключение о том, что при реконструкции РЭС 6-35 кВ Луганского региона и замене существующих СТ с сочетанием напряжений 10(6)/0,4 кВ на масляные трансформаторы ТМ с сочетанием напряжений 20/0,4 кВ возможно снижение в последних при

изменении нагрузки в пределах ($0 \leq K_3 \leq 1$) суммарных годовых потерь в стали и обмотках:

- активной электроэнергии в 1,78-1,24 раза;
- реактивной электроэнергии в 1,85-1,82 раза.

Таблица 9

Ожидаемые сверхнормативные потери активной электроэнергии, вызванные несимметричным распределением нагрузки в СТ с сочетанием напряжений 20/0,4 кВ при модернизации и переводе РЭС Луганского региона на класс напряжения 20 кВ, рассчитанные при следующих начальных условиях:

$$r_0/r_1 = 1; 0 < K_3 \leq 1; 0 < (K_{0I}, K_{2I}) \leq 1$$

K_3	0<	0,25	0,5	0,75	1
$\Sigma W_{\text{год}20\text{кВ}}^{P_{\Sigma}+P_{\Sigma}}, \text{MBm} \cdot \text{ч}$	66040,24	88031,45	154005,09	263961,16	417899,65
$K_{0I} = 0,1; K_{2I} = 0,1$					
$\Sigma W_{\text{год}20\text{кВ}}^{P_{\Sigma}+P_{\Sigma}}, \text{MBm} \cdot \text{ч}$	67361,045	89792,08	157085,2	269240,4	426257,6
$K_{0I} = 0,2; K_{2I} = 0,2$					
$\Sigma W_{\text{год}20\text{кВ}}^{P_{\Sigma}+P_{\Sigma}}, \text{MBm} \cdot \text{ч}$	71323,459	95073,97	166325,5	285078,1	451331,6
$K_{0I} = 0,4; K_{2I} = 0,4$					
$\Sigma W_{\text{год}20\text{кВ}}^{P_{\Sigma}+P_{\Sigma}}, \text{MBm} \cdot \text{ч}$	87173,117	116201,5	203286,7	348428,7	551627,5

Продолжение табл. 9

K_3	0<	0,25	0,5	0,75	1
$K_{0I} = 0,6; K_{2I} = 0,6$					
$\sum W_{\text{зод}20\text{кВ}}^{P_X + P_{K3}}, \text{MBm} \cdot \text{ч}$	113589,21	151414,1	264888,8	454013,2	718787,4
$K_{0I} = 0,8; K_{2I} = 0,8$					
$\sum W_{\text{зод}20\text{кВ}}^{P_X + P_{K3}}, \text{MBm} \cdot \text{ч}$	150571,75	200711,7	351131,6	601831,4	952811,2
$K_{0I} = 1,0; K_{2I} = 1,0$					
$\sum W_{\text{зод}20\text{кВ}}^{P_X + P_{K3}}, \text{MBm} \cdot \text{ч}$	198120,72	264094,4	462015,3	791883,5	1253699

Таблица 10

Ожидаемые сверхнормативные потери активной электроэнергии, вызванные несимметричным распределением нагрузки в СТ с сочетанием напряжений 20/0,4 кВ при модернизации и переводе РЭС Луганского региона на класс напряжения 20 кВ, рассчитанные при следующих начальных условиях:

$$r_0/r_1 = 1; 0 < K_3 \leq 1; 0 < (K_{0I}, K_{2I}) \leq 1$$

K_3	0<	0,25	0,5	0,75	1
$\sum W_{\text{зод}20\text{кВ}}^{P_X + P_{K3}}, \text{MBm} \cdot \text{ч}$	66040,24	88031,45	154005,09	263961,16	417899,65
$K_{0I} = 0,1; K_{2I} = 0,1$					
$\sum W_{\text{зод}20\text{кВ}}^{P_X + P_{K3}}, \text{MBm} \cdot \text{ч}$	68021,447	90672,39	158625,2	271880	430436,6
$K_{0I} = 0,2; K_{2I} = 0,2$					
$\sum W_{\text{зод}20\text{кВ}}^{P_X + P_{K3}}, \text{MBm} \cdot \text{ч}$	73965,069	98595,22	172485,7	295636,5	468047,6
$K_{0I} = 0,4; K_{2I} = 0,4$					
$\sum W_{\text{зод}20\text{кВ}}^{P_X + P_{K3}}, \text{MBm} \cdot \text{ч}$	97739,555	130286,5	227927,5	390662,5	618491,5
$K_{0I} = 0,6; K_{2I} = 0,6$					
$\sum W_{\text{зод}20\text{кВ}}^{P_X + P_{K3}}, \text{MBm} \cdot \text{ч}$	137363,7	183105,4	320330,6	549039,2	869231,3
$K_{0I} = 0,8; K_{2I} = 0,8$					
$\sum W_{\text{зод}20\text{кВ}}^{P_X + P_{K3}}, \text{MBm} \cdot \text{ч}$	192837,5	257051,8	449694,9	770766,6	1220267
$K_{0I} = 1,0; K_{2I} = 1,0$					
$\sum W_{\text{зод}20\text{кВ}}^{P_X + P_{K3}}, \text{MBm} \cdot \text{ч}$	264160,96	352125,8	616020,4	1055845	1671599

Анализ годовых потерь активной электроэнергии, вызванных несимметрично изменяющейся нагрузкой на СТ с сочетанием напряжений 20/0,4 кВ в пределах $0 \leq K_3 \leq 1$, при соотношении $r_0/r_1 = 1$ и изменении коэффициентов несимметрии токов по обратной и нулевой последовательности в пределах $0 < K_{0I}, K_{2I} \leq 1$ позволяет сделать заключение о том, что они увеличиваются в 1,02 – 3,0 раза, в сравнении с годовыми потерями активной электроэнергии в аналогичных по конструктивному исполнению и сочетанию напряжений трансформаторах, вызванных действием основной гармоники синусоидального тока, напряжения и симметрично распределенной нагрузке.

Анализ годовых потерь активной электроэнергии, вызванных несимметрично изменяющейся нагрузкой на СТ с сочетанием

напряжений 20/0,4 кВ в пределах $0 \leq K_3 \leq 1$, при соотношении $r_0/r_1 = 2$ и изменении коэффициентов несимметрии токов по обратной и нулевой последовательности в пределах $0 < K_{0I}, K_{2I} \leq 1$ позволяет сделать заключение о том, что они увеличиваются в 1,03 – 4,0 раза в сравнении с годовыми потерями активной электроэнергии в аналогичных по конструктивному исполнению и сочетанию напряжений трансформаторах, вызванных действием основной гармоники синусоидального тока, напряжения и симметрично распределенной нагрузке. Стремительный рост активных потерь электроэнергии начинается в СТ при соотношениях $r_0/r_1 = 1; 2$, когда значение коэффициентов несимметрии токов превышает уровень $K_{0I}, K_{2I} \geq 0,4$.

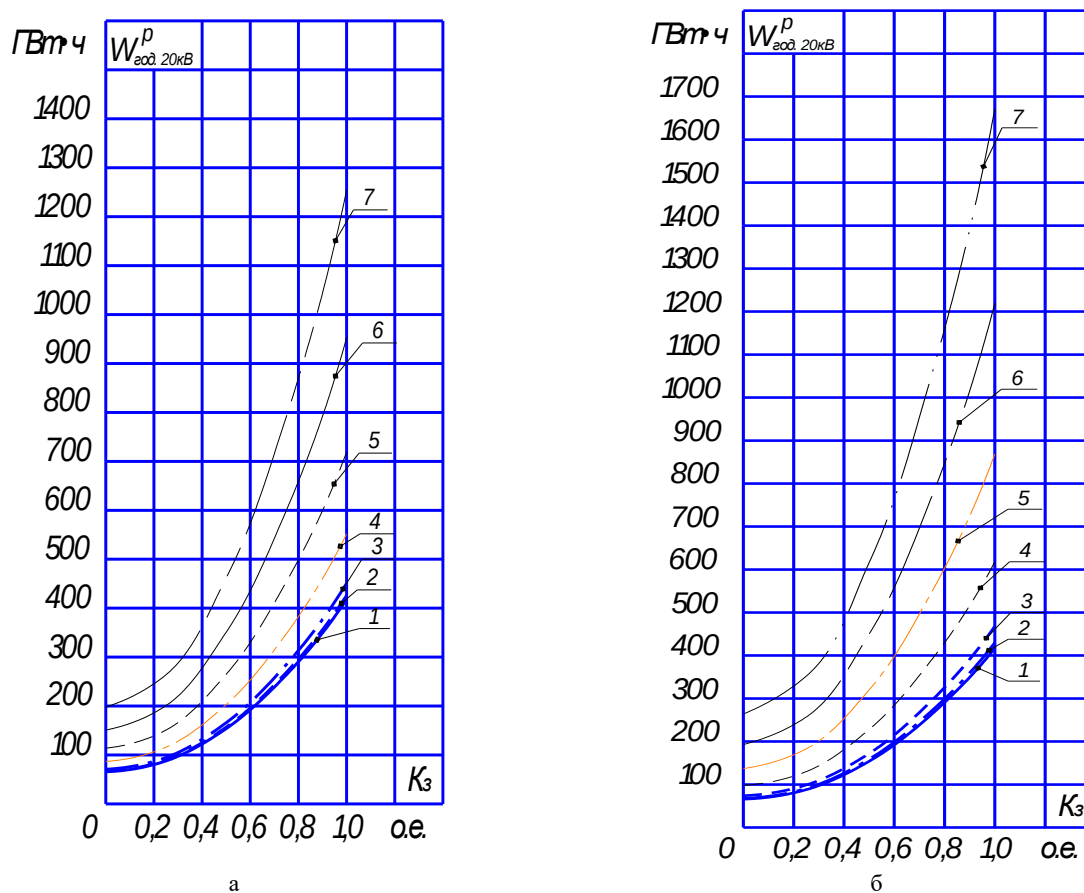


Рис.2. Семейство характеристик $W_{год, 20кВ}^P = f(K_3)$, построенных для СТ – 20/0,4 кВ при начальных условиях $0 < K_3 \leq 1$; $0 < (K_{0I}, K_{2I}) \leq 1$, для случая, когда $r_0/r_1 = 1$ (а) и $r_0/r_1 = 2$ (б), при изменении коэффициентов несимметрии токов: 1. $K_{0I}, K_{2I} = 0$; 2. $K_{0I}, K_{2I} = 0,1$; 3. $K_{0I}, K_{2I} = 0,2$; 4. $K_{0I}, K_{2I} = 0,4$; 5. $K_{0I}, K_{2I} = 0,6$; 6. $K_{0I}, K_{2I} = 0,8$; 7. $K_{0I}, K_{2I} = 1,0$

Вариант 3. Модернизация и перевод существующих РЭС Луганского региона на класс напряжения 27,5 кВ.

Таблица 11

Сравнительный анализ распределения годовых потерь активной и реактивной электроэнергии в стали и обмотках СТ с сочетанием напряжений 6,10,27,5/0,4 кВ и 35/10(6) кВ, рассчитанных по [4], до и после принятого варианта реконструкции РЭС напряжением 6 – 35 кВ энергокомпаний Луганского региона

№ п/п	РЭС напряжением	Годовые, активные и реактивные потери в стали и обмотках СТ	Значения коэффициента нагрузки СТ K_3 , о.е.,				
			0	0,25	0,5	0,75	1,0
1	6-35 кВ до оптимизации	$\Sigma W_{групп.онт}^{(P_{xx}+P_{кз})}, МВт \cdot час$	118422,89	153839,02	260087,4	437168,04	685080,93
		$\Sigma W_{групп.онт}^{(Q_{xx}+Q_{кз})}, МВАр \cdot час$	985724,44	1172892,9	1734398,28	2670240,58	3980419,79
2	27,5 кВ после проведения оптимизации масляными СТ-27,5/0,4 кВ	$\Sigma W_{групп.онт}^{(P_{xx}+P_{кз})}, МВт \cdot час$	62132,57	77926,94	125310,00	204281,78	314842,28
		$\Sigma W_{групп.онт}^{(Q_{xx}+Q_{кз})}, МВАр \cdot час$	199775,27	264260,78	457717,30	780144,85	1231544,01

Анализ табл. 11 позволяет сделать заключение о том, что при реконструкции ЭС 6-35 кВ Луганского региона и замене существующих СТ с сочетанием напряжений 10(6)/0,4 кВ на масляные трансформаторы ТМ с сочетанием напряжений 27,5/0,4 кВ возможно снижение в последних при

изменении нагрузки в пределах ($0 \leq K_3 \leq 1$)

суммарных годичных потерь в стали и обмотках:

- активной электроэнергии в 1,78-1,24 раза;
- реактивной электроэнергии в 1,85-1,82 раза.

Таблица 12

Ожидаемые сверхнормативные потери активной электроэнергии, вызванные несимметричным распределением нагрузки в СТ с сочетанием напряжений 27,5/0,4 кВ при модернизации и переводе РЭС Луганского региона на класс напряжения 27,5 кВ, рассчитанные при следующих начальных условиях:

$$r_0/r_1 = 1; 0 < K_3 \leq 1; 0 < (K_{0I}, K_{2I}) \leq 1$$

K_3	0<	0,25	0,5	0,75	1
$\sum W_{\text{сод}27,5\text{кВ}}^{P_X+P_{K3}}, \text{МВт}\cdot\text{ч}$	62132,57	77926,94	125310	204281,78	314842,28
$K_{0I} = 0,1; K_{2I} = 0,1$					
$\sum W_{\text{сод}27,5\text{кВ}}^{P_X+P_{K3}}, \text{МВт}\cdot\text{ч}$	63375,221	79485,48	127816,2	208367,4	321139,1
$K_{0I} = 0,2; K_{2I} = 0,2$					
$\sum W_{\text{сод}27,5\text{кВ}}^{P_X+P_{K3}}, \text{МВт}\cdot\text{ч}$	67103,176	84161,1	135334,8	220624,3	340029,7
$K_{0I} = 0,4; K_{2I} = 0,4$					
$\sum W_{\text{сод}27,5\text{кВ}}^{P_X+P_{K3}}, \text{МВт}\cdot\text{ч}$	82014,992	102863,6	165409,2	269651,9	415591,8
$K_{0I} = 0,6; K_{2I} = 0,6$					
$\sum W_{\text{сод}27,5\text{кВ}}^{P_X+P_{K3}}, \text{МВт}\cdot\text{ч}$	106868,02	134034,3	215533,2	351364,7	541528,7
$K_{0I} = 0,8; K_{2I} = 0,8$					
$\sum W_{\text{сод}27,5\text{кВ}}^{P_X+P_{K3}}, \text{МВт}\cdot\text{ч}$	141662,26	177673,4	285706,8	465762,5	717840,4
$K_{0I} = 1,0; K_{2I} = 1,0$					
$\sum W_{\text{сод}27,5\text{кВ}}^{P_X+P_{K3}}, \text{МВт}\cdot\text{ч}$	186397,71	233780,8	375930	612845,3	944526,8

Таблица 13

Ожидаемые сверхнормативные потери активной электроэнергии, вызванные несимметричным распределением нагрузки в СТ с сочетанием напряжений 27,5/0,4 кВ при модернизации и переводе РЭС Луганского региона на класс напряжения 27,5 кВ, рассчитанные при следующих начальных условиях:

$$r_0/r_1 = 2; 0 < K_3 \leq 1; 0 < (K_{0I}, K_{2I}) \leq 1$$

K_3	0<	0,25	0,5	0,75	1
$\sum W_{\text{сод}27,5\text{кВ}}^{P_X+P_{K3}}, \text{МВт}\cdot\text{ч}$	62132,57	77926,94	125310	204281,78	314842,28
$K_{0I} = 0,1; K_{2I} = 0,1$					
$\sum W_{\text{сод}27,5\text{кВ}}^{P_X+P_{K3}}, \text{МВт}\cdot\text{ч}$	63996,547	80264,75	129069,3	210410,2	324287,5
$K_{0I} = 0,2; K_{2I} = 0,2$					
$\sum W_{\text{сод}27,5\text{кВ}}^{P_X+P_{K3}}, \text{МВт}\cdot\text{ч}$	69588,478	87278,17	140347,2	228795,6	352623,4
$K_{0I} = 0,4; K_{2I} = 0,4$					
$\sum W_{\text{сод}27,5\text{кВ}}^{P_X+P_{K3}}, \text{МВт}\cdot\text{ч}$	91956,204	115331,9	185458,8	302337	465966,6
$K_{0I} = 0,6; K_{2I} = 0,6$					
$\sum W_{\text{сод}27,5\text{кВ}}^{P_X+P_{K3}}, \text{МВт}\cdot\text{ч}$	129235,75	162088	260644,8	424906,1	654871,9
$K_{0I} = 0,8; K_{2I} = 0,8$					
$\sum W_{\text{сод}27,5\text{кВ}}^{P_X+P_{K3}}, \text{МВт}\cdot\text{ч}$	181427,1	227546,7	365905,2	596502,8	919339,5
$K_{0I} = 1,0; K_{2I} = 1,0$					
$\sum W_{\text{сод}27,5\text{кВ}}^{P_X+P_{K3}}, \text{МВт}\cdot\text{ч}$	248530,28	311707,8	501240	817127,1	1259369

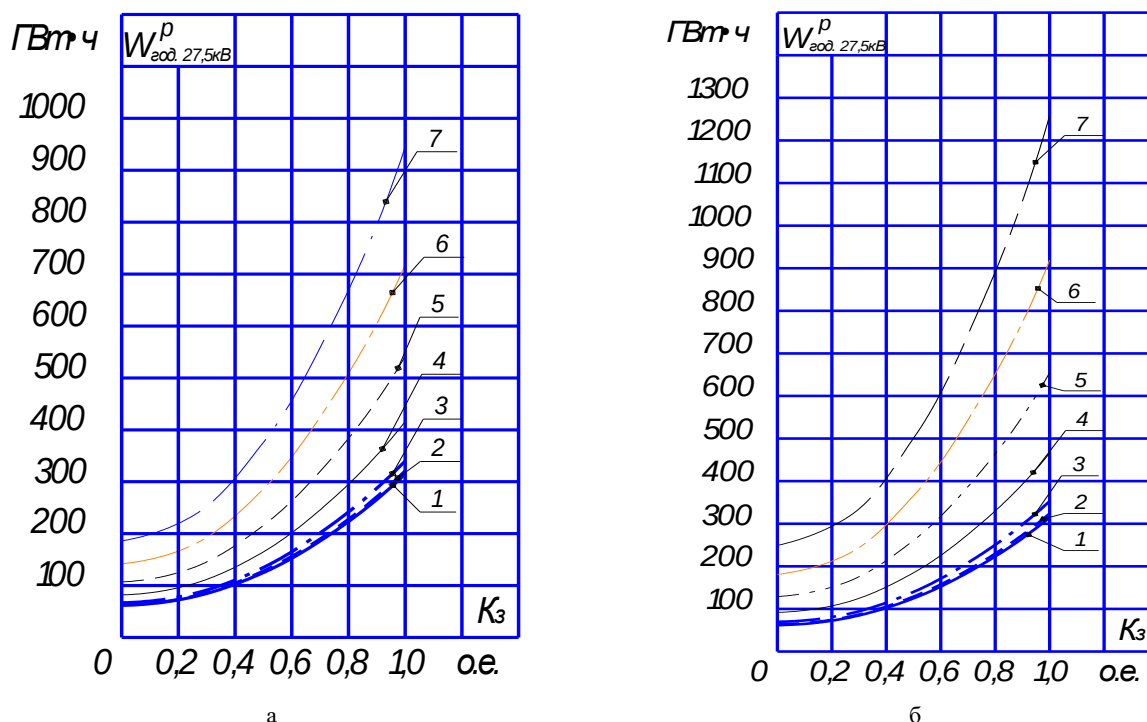


Рис.3. Семейство характеристик $W_{год, 27,5кВ}^P = f(K_3)$, построенных для СТ – 27,5/0,4 кВ при начальных условиях $0 < K_3 \leq 1$; $0 < (K_{0I}, K_{2I}) \leq 1$, для случая, когда $r_0/r_1 = 1$ (а) и $r_0/r_1 = 2$ (б), при изменении коэффициентов несимметрии токов:
 1. $K_{0I}, K_{2I} = 0$; 2. $K_{0I}, K_{2I} = 0,1$; 3. $K_{0I}, K_{2I} = 0,2$; 4. $K_{0I}, K_{2I} = 0,4$; 5. $K_{0I}, K_{2I} = 0,6$;
 6. $K_{0I}, K_{2I} = 0,8$; 7. $K_{0I}, K_{2I} = 1,0$

Анализ годовых потерь активной электроэнергии, вызванных несимметрично изменяющейся нагрузкой на СТ с

сочетанием напряжений 27,5/0,4 кВ в пределах $0 \leq K_3 \leq 1$, при соотношении $r_0/r_1 = 1$ и изменении коэффициентов несимметрии токов по обратной и нулевой последовательности в пределах $0 < K_{0I}, K_{2I} \leq 1$ позволяет сделать заключение о том, что они увеличиваются в 1,02 – 3,0 раза в сравнении с годовыми потерями активной электроэнергии в аналогичных по конструктивному исполнению и сочетанию напряжений трансформаторах, вызванных действием основной гармоники синусоидального тока и напряжения при симметрично распределенной нагрузке.

Анализ годовых потерь активной электроэнергии, вызванных несимметрично изменяющейся нагрузкой на СТ с сочетанием

напряжений 27,5/0,4 кВ в пределах $0 \leq K_3 \leq 1$, при соотношении $r_0/r_1 = 2$ и изменении коэффициентов несимметрии токов по обратной и нулевой последовательности в пределах $0 < K_{0I}, K_{2I} \leq 1$ позволяет сделать заключение о том, что они увеличиваются в 1,03 – 4,0 раза в сравнении с годовыми потерями активной электроэнергии в аналогичных по конструктивному исполнению и сочетанию напряжений трансформаторах, вызванных действием основной гармоники синусоидального тока и напряжения при симметрично распределенной нагрузке. Стремительный рост активных потерь электроэнергии начинается в СТ при соотношениях $r_0/r_1 = 1,2$, когда значение коэффициентов несимметрии токов превышает уровень $K_{0I}, K_{2I} \geq 0,4$.

Вариант 4. Модернизация и перевод существующих РЭС Луганского региона на класс напряжения 35 кВ.

Таблица 14

Сравнительный анализ распределения годовых потерь активной и реактивной электроэнергии в стали и обмотках СТ с сочетанием напряжений 35,10(6)/0,4 кВ и 35/10(6) кВ, рассчитанных по [4], до и после принятого варианта оптимизации в РЭС напряжением 6 – 35 кВ энергокомпаний Луганского региона

№ п/п	РЭС напряжением	Годовые, активные и реактивные потери в стали и обмотках СТ	Значения коэффициента нагрузки СТ K_3 , о.е.				
			0<	0,25	0,5	0,75	1,0
1	6-35 кВ до оптимизации	$\Sigma W_{\text{групп. опт.}}^{(P_{\text{ст}}+P_{\text{кз}})}, \text{MBm} \cdot \text{час}$	118422,89	153839,02	260087,4	437168,04	685080,93
		$\Sigma W_{\text{групп. опт.}}^{(Q_{\text{ст}}+Q_{\text{кз}})}, \text{MVar} \cdot \text{час}$	985724,44	1172892,9	1734398,28	2670240,58	3980419,79
2	35 кВ после проведения оптимизации масляными СТ-35/0,4 кВ	$\Sigma W_{\text{групп. опт.}}^{(P_{\text{ст}}+P_{\text{кз}})}, \text{MBm} \cdot \text{час}$	61450,66	83575,09	149948,38	260570,54	415441,55
		$\Sigma W_{\text{групп. опт.}}^{(Q_{\text{ст}}+Q_{\text{кз}})}, \text{MVar} \cdot \text{час}$	221318,93	307193,71	564818,04	994191,94	1595315,39

Анализ табл. 14 позволяет сделать заключение о том, что при реконструкции РЭС 6-35 кВ Луганского региона и замене существующих СТ с сочетанием напряжений 35/10(6) кВ и 10(6)/0,4 кВ на масляные трансформаторы ТМ с сочетанием напряжений 35/0,4 кВ удастся снизить в последних

при изменении нагрузки в пределах ($0 \leq K_3 \leq 1$) суммарные годовичные потери в стали и обмотках:

- активной электроэнергии в 1,93-1,65 раза;
- реактивной электроэнергии в 4,45-2,50 раза.

Таблица 15

Ожидаемые сверхнормативные потери активной электроэнергии, вызванные несимметричным распределением нагрузки в СТ с сочетанием напряжений 35/0,4 кВ при модернизации и переводе РЭС Луганского региона на класс напряжения 35 кВ, рассчитанные при следующих начальных условиях:

$$r_0/r_1 = 1; 0 < K_3 \leq 1; 0 < (K_{0I}, K_{2I}) \leq 1$$

K_3	0<	0,25	0,5	0,75	1
$\Sigma W_{\text{год35кВ}}^{P_{\text{ст}}+P_{\text{кз}}}, \text{MBm} \cdot \text{ч}$	61450,66	83575,09	149948,38	260570,54	415441,55
$K_{0I} = 0,1; K_{2I} = 0,1$					
$\Sigma W_{\text{год35кВ}}^{P_{\text{ст}}+P_{\text{кз}}}, \text{MBm} \cdot \text{ч}$	62679,673	85246,59	152947,3	265782	423750,4
$K_{0I} = 0,2; K_{2I} = 0,2$					
$\Sigma W_{\text{год35кВ}}^{P_{\text{ст}}+P_{\text{кз}}}, \text{MBm} \cdot \text{ч}$	66366,713	90261,1	161944,3	281416,2	448676,9
$K_{0I} = 0,4; K_{2I} = 0,4$					
$\Sigma W_{\text{год27,5кВ}}^{P_{\text{ст}}+P_{\text{кз}}}, \text{MBm} \cdot \text{ч}$	81114,871	110319,1	197931,9	343953,1	548382,8
$K_{0I} = 0,6; K_{2I} = 0,6$					
$\Sigma W_{\text{год35кВ}}^{P_{\text{ст}}+P_{\text{кз}}}, \text{MBm} \cdot \text{ч}$	105695,14	143749,2	257911,2	448181,3	714559,5
$K_{0I} = 0,8; K_{2I} = 0,8$					
$\Sigma W_{\text{год35кВ}}^{P_{\text{ст}}+P_{\text{кз}}}, \text{MBm} \cdot \text{ч}$	140107,5	190551,2	341882,3	594100,8	947206,7
$K_{0I} = 1,0; K_{2I} = 1,0$					
$\Sigma W_{\text{год35кВ}}^{P_{\text{ст}}+P_{\text{кз}}}, \text{MBm} \cdot \text{ч}$	184351,98	250725,3	449845,1	781711,6	1246325

Таблица 16

Ожидаемые сверхнормативные потери активной электроэнергии, вызванные несимметричным распределением нагрузки в СТ с сочетанием напряжений 35/0,4 кВ при модернизации и переводе РЭС Луганского региона на класс напряжения 35 кВ, рассчитанные при следующих начальных условиях:

$$r_0/r_1=2; 0 < K_3 \leq 1; 0 < (K_{0I}, K_{2I}) \leq 1$$

K_3	0	0,25	0,5	0,75	1
$\sum W_{200,35\text{кВ}}^{P_X+P_{K3}}, \text{MBm} \cdot \text{ч}$	61450,66	83575,09	149948,38	260570,54	415441,55
$K_{0I}=0,1; K_{2I}=0,1$					
$\sum W_{200,35\text{кВ}}^{P_X+P_{K3}}, \text{MBm} \cdot \text{ч}$	63294,18	86082,34	154446,8	268387,7	427904,8
$K_{0I}=0,2; K_{2I}=0,2$					
$\sum W_{200,35\text{кВ}}^{P_X+P_{K3}}, \text{MBm} \cdot \text{ч}$	68824,739	93604,1	167942,2	291839	465294,5
$K_{0I}=0,4; K_{2I}=0,4$					
$\sum W_{200,35\text{кВ}}^{P_X+P_{K3}}, \text{MBm} \cdot \text{ч}$	90946,977	123691,1	221923,6	385644,4	614853,5
$K_{0I}=0,6; K_{2I}=0,6$					
$\sum W_{200,35\text{кВ}}^{P_X+P_{K3}}, \text{MBm} \cdot \text{ч}$	127817,37	173836,2	311892,6	541986,7	864118,4
$K_{0I}=0,8; K_{2I}=0,8$					
$\sum W_{200,35\text{кВ}}^{P_X+P_{K3}}, \text{MBm} \cdot \text{ч}$	179435,93	244039,3	437849,3	760866	1213089
$K_{0I}=1,0; K_{2I}=1,0$					
$\sum W_{200,35\text{кВ}}^{P_X+P_{K3}}, \text{MBm} \cdot \text{ч}$	245802,64	334300,4	599793,5	1042282	1661766

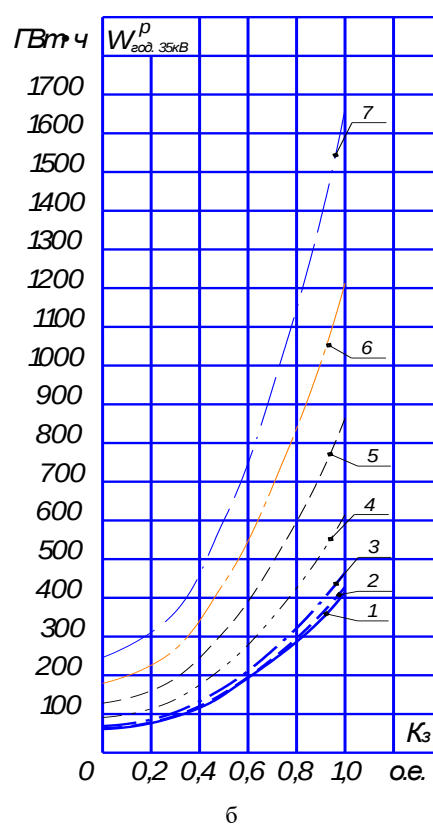
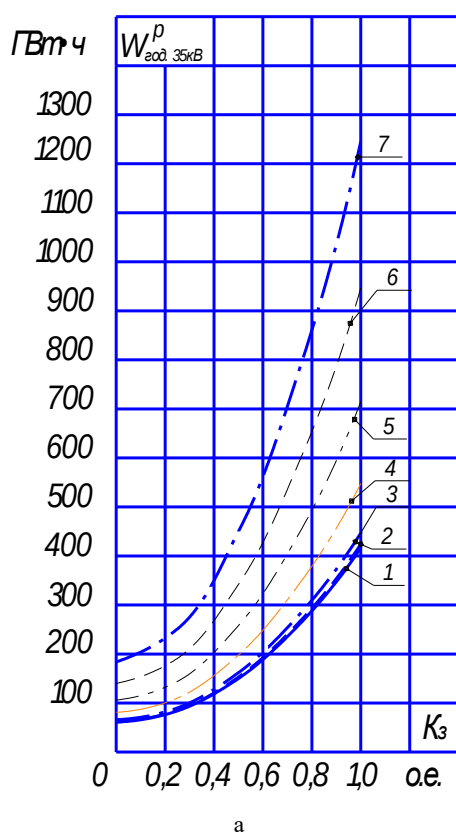


Рис.4. Семейство характеристик $W_{200,35\text{кВ}}^P = f(K_3)$, построенных для СТ – 35/0,4 кВ при начальных условиях $0 < K_3 \leq 1; 0 < (K_{0I}, K_{2I}) \leq 1$, для случая, когда $r_0/r_1=1$ (а) и $r_0/r_1=2$ (б), при изменении коэффициентов несимметрии токов: 1. $K_{0I}, K_{2I} = 0$; 2. $K_{0I}, K_{2I} = 0,1$; 3. $K_{0I}, K_{2I} = 0,2$; 4. $K_{0I}, K_{2I} = 0,4$; 5. $K_{0I}, K_{2I} = 0,6$; 6. $K_{0I}, K_{2I} = 0,8$; 7. $K_{0I}, K_{2I} = 1,0$

Анализ годовых потерь активной электроэнергии, вызванных несимметрично изменяющейся нагрузкой на СТ с сочетанием напряжений 35/0,4 кВ в пределах $0 \leq K_3 \leq 1$, при соотношении $r_0/r_1 = 1$ и изменении коэффициентов несимметрии токов по обратной и нулевой последовательности в пределах $0 < K_{0I}, K_{2I} \leq 1$ позволяет сделать заключение о том, что они увеличиваются в 1,02 – 3,0 раза в сравнении с годовыми потерями активной электроэнергии в аналогичных по конструктивному исполнению и сочетанию напряжений трансформаторах, вызванных действием основной гармоники синусоидального тока и напряжения при симметрично распределенной нагрузке.

Анализ годовых потерь активной электроэнергии, вызванных несимметрично-изменяющейся нагрузкой на СТ с сочетанием напряжений 35/0,4 кВ в пределах $0 \leq K_3 \leq 1$, при соотношении $r_0/r_1 = 2$ и изменении коэффициентов несимметрии токов по обратной и нулевой последовательности в пределах $0 < K_{0I}, K_{2I} \leq 1$ позволяет сделать заключение о том, что они увеличиваются в 1,03 – 4,0 раза в сравнении с годовыми потерями активной электроэнергии в аналогичных по конструктивному исполнению и сочетанию напряжений трансформаторах, вызванных действием основной гармоники синусоидального тока и напряжения при симметрично распределенной нагрузке. Стремительный рост активных потерь электроэнергии начинается в СТ при соотношениях $r_0/r_1 = 1; 2$, когда значение коэффициентов несимметрии токов превышает уровень $K_{0I}, K_{2I} \geq 0,4$.

Обобщающий анализ табл. 5-16 показывает, что вариант оптимизации РЭС с переводом на класс напряжения 27,5 кВ и установкой СТ с сочетанием напряжений 27,5/0,4 кВ является технически рациональным, так как основные и добавочные потери будут наименьшими.

Выводы: В настоящей работе решена актуальная научно-техническая задача – снижение активных потерь электрической энергии при транспортировке через силовые трансформаторы РЭС, вызванных несимметричным распределением нагрузки у потребителей, предусмотренная в программе «Энергоэффективность и развитие энергетики» Российской Федерации.

В результате проведенных исследований получены следующие пункты научной новизны:

1. Впервые произведена оценка основных потерь активной и реактивной электроэнергии в СТ с сочетанием напряжений 10(6)/0,4 кВ, 35/10(6) кВ, 110/10(6) кВ и 110/35/10(6)кВ РЭС 6-110 кВ Луганского региона от основной гармоники синусоидального тока и напряжения, а также учет

потерь активной электроэнергии в СТ -10(6)/0,4 кВ, вызванных несимметричным распределением нагрузки, в том числе в СТ при переводе РЭС на классы напряжения 15,20, 27,5 и 35 кВ.

2. Установлена закономерность: при техническом переоснащении РЭС напряжением 6-35 кВ Луганского региона на класс напряжения 27,5 кВ потери активной энергии при транспортировке потребителям с несимметричной нагрузкой в СТ с сочетанием напряжений 27,5/0,4 кВ уменьшатся:

- при соотношении $r_0/r_1 = 1$, изменении коэффициента нагрузки в пределах $0 < K_3 \leq 1$ и коэффициентов несимметрии токов $0 < (K_{0I}, K_{2I}) \leq 1$ – в 1,36-1,58 раза (26,5 – 36,5%);

- при соотношении $r_0/r_1 = 2$, изменении коэффициента нагрузки в пределах $0 < K_3 \leq 1$ и коэффициентов несимметрии токов $0 < (K_{0I}, K_{2I}) \leq 1$ – в 1,37-2,76 раза (27,2 – 63,8%).

3. Для внедрения класса напряжения 27,5 кВ в РЭС Луганского региона необходимы:

– разработка нормативно-технической документации по проектированию и эксплуатации распределительных электрических сетей напряжением 27,5 кВ;

– поэтапное техническое переоснащение и перевод существующих распределительных электрических сетей классами напряжений 6,10 и 35 кВ на класс напряжения 27,5 кВ.

4. Разработка энергокомпаниями проектов, связанных с установкой в распределительных электрических сетях устройств, симметрирующих нагрузку, позволяющих повысить энергетические показатели этой сети, пропускную способность при транспортировке электроэнергии, а также снизить затраты на обслуживание и эксплуатацию электротехнического оборудования.

Л и т е р а т у р а

1. ГОСТ 32144-2013. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – Москва: Стандартинформ, 2014. – 16 с.
2. Федеральная служба государственной статистики Росстат [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.gks.ru/wcm/connect/rosstat/rosstatsite/main/>
3. Энергетическая стратегия России на период до 2035 года. URL: <http://ac.gov.ru/files/content/1578/11-02-14-energostrategy-2035-pdf.pdf>
4. Методические рекомендации определения технологических расходов электроэнергии в трансформаторах и линиях электропередачи, утвержденных Приказом Министерства энергетики и угольной промышленности Украины от 21.06.2013 года № 399. – 42 с.
5. Воротицкий В.Э. Сравнительный анализ потерь электрической энергии в электрических сетях Российской Федерации и стран дальнего зарубежья / В.Э. Воротицкий, О.В. Туркина. – Открытое акционерное общество «НТЦ Электроэнергетики».
6. СТО 70238424.29.240.10.009–2011. Распределительные электрические сети. Подстанции 6–

20/0,4 кВ. Условия создания. Нормы и требования. Введ. 30.06.2011. – М.: НП «ИНВЭЛ», 2011. 20 с.

7. Создание интеллектуальной распределительной сети 20/0,4 кВ на территории инновационного центра «Сколково» [Электронный ресурс]. URL: <http://glavt.ru/projects/elektroenergetika/sozdanie-intellektualnoy-raspre-delitel'noy-seti-20-0-4-kv-na-territorii-skolkovo/> (дата обращения 24.12.2014).

8. www.en.lg.ua/home/power (дата обращения 27.02.2017 года).

9. <https://electropostavka.ru/price-sil-transformator> (дата обращения 03.05.2019 года).

10. <https://electrocontrol.com.ua> (дата обращения 28.10.2018 года).

11. www.uea.com.ua (дата обращения 04.05.2019 года).

12. www.birzst.ru (дата обращения 14.10.2019 года).

13. [www.sales@ztr.ua](mailto:sales@ztr.ua) (дата обращения 05.05.2019 года).

14. www.electroshield.ru (дата обращения 06.05.2019 года).

15. Дед А.В. Дополнительные потери мощности в электрических сетях при несимметричной нагрузке / А.В. Дед, А.И. Волюнкин, М.Ю. Денисенко, Н.В. Кириченко, Е.С. Сухов // Омский научный вестник – 2013. – №1 (117). – С.157-158.

16. Макарова О.А. Анализ проблем современной энергетической отрасли и стратегические пути их решения в соответствии с концепцией Энергетической отрасли до 2035 года / О.А. Макарова, Е.А. Барбашина // Вестник ВГУИТ. 2016. № 2. – С. 366-373.

17. Парсентьев О.С. Оптимизация централизованного парка силовых трансформаторов напряжением 6 – 110 кВ энергокомпаний Луганского региона / Парсентьев О.С. // Научный журнал «Вестник Луганского национального университета имени Владимира Даля № 11(17), 2018. – С. 101-114.

18. Парсентьев О.С. Сравнительная оценка затрат на покрытие потерь электроэнергии в силовых трансформаторах напряжением 6-110 кВ при транспортировке электроэнергии потребителям Луганского региона / Парсентьев О.С. // Научный журнал «Вестник Луганского национального университета имени Владимира Даля № 4 (10), 2018. – С. 74-88.

19. Парсентьев О.С. Анализ дополнительных потерь электроэнергии в распределительных электрических сетях, образованных несимметрией распределения нагрузки / Парсентьев О.С. // Научный журнал «Вестник Луганского национального университета имени Владимира Даля № 12 (30), 2019. – С.136-151.

20. Костинский С.С. Метод определения дополнительных потерь активной мощности в трансформаторах распределительных сетей, обусловленных нелинейными нагрузками / С.С. Костинский, А.И. Троицкий // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 2015. – №3(539) – С.61 - 67.

21. Костинский С.С. Определение дополнительных потерь активной мощности в трансформаторах от нелинейных нагрузок / С.С. Костинский, А.И. Троицкий // Электроэнергетика глазами молодежи: труды VI Международной научно-технической конференции / Ответственный редактор: Тютиков В.В., д.т.н. профессор, проректор по научной работе ИГЭУ, 2015. – С.504 - 507.

22. Шевелева Г.И. О финансировании Российской электроэнергетики / Г.И. Шевелева // ЭКО – 2014. – №1 – С.136 - 144.

References

1. GOST 32144-2013. Electricity quality standards in general-purpose power supply systems. - Moscow: Standartinform, 2014. – 16 p.

2. Federal State Statistics Service Rosstat [Electronic resource] - Access mode: <http://www.gks.ru/wcm/connect/rosstat/rosstatsite/main/>

3. Energy strategy of Russia for the period up to 2035. URL: <http://ac.gov.ru/files/content/1578/11-02-14-energostrategy-2035-pdf.pdf>.

4. Methodological recommendations for determining the technological consumption of electricity in transformers and power lines, approved by the Order of the Ministry of Energy and Coal Industry of Ukraine dated June 21, 2013 No. 399. - 42 p.

5. Vorotnitsky V.E. Comparative analysis of electrical energy losses in electrical networks of the Russian Federation and non-CIS countries / V.E. Vorotnitsky, O. V. Turkina. - Open Joint Stock Company STC Electric Power Engineering.

6. STO 70238424.29.240.10.009-2011. Distribution electrical networks. Substations 6 – 20/0,4 kV. Conditions of creation. Norms and requirements. Enter. 30.06.2011. – М.: NP INVEL, 2011.20 p.

7. Creation of an intelligent distribution network of 20/0,4 kV on the territory of the Skolkovo innovation center [Electronic resource].

URL: <http://glavt.ru/projects/elektroenergetika/sozdanie-intellektualnoy-raspre-delitel'noy-seti-20-0-4-kv-na-territorii-skolkovo/> (date of access 12.24.2014).

8. www.en.lg.ua/home/power (date of access 27.02.2017).

9. <https://electropostavka.ru/price-sil-transformator> (date of treatment 05/03/2019).

10. <https://electrocontrol.com.ua> (date of treatment 10/28/2018).

11. www.uea.com.ua (date of treatment 05/04/2019).

12. www.birzst.ru (date of treatment 10/14/2019).

13. [www.sales@ztr.ua](mailto:sales@ztr.ua) (date of treatment 05.05.2019).

14. www.electroshield.ru (date of treatment 05/06/2019).

15. Ded A.V. Additional power losses in electrical networks with unbalanced load / A.V. Ded, A.I. Volynkin, M.Yu. Denisenko, N.V. Kirichenko, E.S. Sukhov // Omsk Scientific Bulletin - 2013. – №1 (117). – P.157-158.

16. Makarova O.A. Analysis of the problems of the modern energy industry and strategic ways to solve them in accordance with the concept of the Energy industry until 2035 / O.A. Makarova, E.A. Barbashina // Bulletin of VSUIT. 2016. № 2. – P. 366-373.

17. Parsentev O.S. Optimization of the centralized park of power transformers with a voltage of 6-110 kV of power companies of the Luhansk region / O.S. Parsentev // Scientific journal «Bulletin of the Lugansk National University named after Vladimir Dahl» № 11 (17), 2018. – P.101-114.

18. Parsentev O.S. Comparative assessment of the cost of covering electricity losses in power transformers with a voltage of 6-110 kV during the transportation of electricity to consumers in the Lugansk region / Parsentev O.S. // Scientific journal «Bulletin of the Lugansk National University named after Vladimir Dahl» № 4(10), 2018. – P. 74-88.

19. Parsentev O.S. Analysis of additional electricity losses in distribution electrical networks formed by the asymmetry of load distribution / Parsentev O.S. // Scientific journal «Bulletin of the Lugansk National University named after Vladimir Dahl» № 12(30), 2019. – P. [136-151].

20. Kostinsky S.S. Method for determining additional active power losses in distribution network transformers due to nonlinear loads / S.S. Kostinsky, A.I. Troitsky // News of higher educational institutions. Electromechanics. – 2015. – №. 3 (539) – P. 61- 67.

21. Kostinsky S.S. Determination of additional losses of active power in transformers from nonlinear loads / S.S. Kostinsky, A.I. Troitsky // Electric power industry through the eyes of youth: proceedings of the VI International scientific and technical conferences / Executive editor: V.V. Tyutikov, d.t.s. professor, vice-rector for scientific work, ISEU, 2015. – P. 504 - 507.

22. Sheveleva G.I. On the financing of the Russian electric power industry / G.I. Sheveleva // ECO - 2014. – №1 – P. 136-144.

Parsentev O.S.

ON THE ISSUE OF ASSESSING ACTIVE ENERGY LOSSES IN POWER TRANSFORMERS OF POWER COMPANIES CAUSED BY THE TRANSPORTATION OF ENERGY TO CONSUMERS WITH AN ASYMMETRIC DISTRIBUTED LOAD AND ACCOUNTING FOR ACTIVE ENERGY LOSSES WHEN TRANSFERRING ELECTRICAL NETWORKS TO VOLTAGE CLASSES: 15; 20; 27,5 AND 35 KV

The article analyzes the losses for the transportation of electricity in the main and distribution electrical networks (DEN) of domestic energy companies and non-CIS countries.

The paper proposes, using the example of 6-35 kV DEN in the Luhansk region, to minimize in power transformers (PTs) the main losses for the transportation of electricity caused by the first harmonic of sinusoidal current and voltage, as well as active losses of electricity caused by uneven distribution of loads among consumers.

The calculation of the main losses of active and reactive electricity in the PTs was carried out with a combination of

voltages 35/10 (6) kV and 10 (6) / 0,4 kV DEN with a voltage of 6-35 kV in the Luhansk region, caused by the fundamental harmonic of sinusoidal current and voltage, active energy losses caused by uneven distribution of loads among consumers, as well as active losses of electricity in PTs with a combination of voltages (15; 20; 27,5 and 35) / 0,4 kV with uneven load and technical re-equipment of electrical networks to voltage classes: 15; 20; 27,5 and 35 kV.

According to the results, it was found that the best technical and economic indicators and minimum energy losses are present in two-winding power transformers with a combination of voltage 27,5 / 0,4 kV, large losses - in PTs with a combination of voltages (15; 20 and 35) / 0,4 kV.

Key words: power three-phase oil transformer, distribution and main electrical networks, voltage class, main and additional annual losses of electricity, unevenly distributed load, direct, zero and negative sequence currents.

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 "Lugansk 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 06.09.2021 года

УДК 621.74.04

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ОТЛИВОК ИЗ ЖИДКОТВЕРДЫХ И ТВЕРДОЖИДКИХ СПЛАВОВ

Батышев К.А., Станчек С., Батышев А.И., Свинороев Ю.А., Гутько Ю.И.

PRODUCTION OF CASTINGS FROM LIQUID-SOLID AND SOLID- LIQUID ALLOYS

Batyshev K.A., Stacek S., Batyshev A.I., Svinoroev Yu.A., Gutko Yu.I.

Технологии рео- и тиксолития, находящие все более широкое применение при изготовлении отливок ответственного назначения, является объектом обширных научных и технологических исследований, поскольку их реализация сопряжена с необходимостью решения ряда нетрадиционных задач. Литье с кристаллизацией под давлением рекомендуется использовать для изготовления следующих отливок: с повышенной плотностью, а также для художественных отливок сложного профиля. В последнем случае формообразующая часть матрицы выполняется одноразовыми вкладышами. В отличие от отливок, изготовленных литьем под давлением, отливки, изготовленные литьем с кристаллизацией под давлением, можно подвергать термической обработке, что позволяет существенно повысить механические и служебные свойства отливок и деталей. В результате воздействия давления на кристаллизующийся сплав в отливках происходят структурные изменения (измельчение структуры, изменение состава и характера распределения фаз), повышение однородности в результате уменьшения степени развития ликвационных процессов, равномерное распределение неметаллических включений и, как следствие, повышение физико-механических показателей. При этом (по сравнению с другими способами литья) достигается повышение прочностных показателей отливок на 15-30% и пластических — в 2-4 раза. Даны сравнительные показатели механических свойств в отливках, изготовленных из твердожидких Mg-сплавов ЛПД при скорости впуска 0,5 м/с.

Ключевые слова: литье под давлением, отливки, жидкотвердое состояние сплава, твердожидкое состояние сплава, реолитье, тиксолитье, распределение фаз, механические и служебные свойства отливок.

Введение. В течение последних 40 лет исследователи большое внимание уделяют изготовлению отливок из сплавов, находящихся в жидкотвердом (ЖТ) и твердожидком (ТЖ) состояниях. За рубежом регулярно проводятся научные конференции и симпозиумы по изготовлению заготовок этими способами

Первые сведения об опыте литья под давлением таких сплавов относятся к 1956 г. [1]. На Минском мотовелозаводе расплав АЛ10В,

охлажденный при введении чушек из указанного сплава и литников до температурного интервала ($t_{лик}-t_{сол}$), после перемешивания в кашеобразном состоянии заливали в камеру прессования вертикальной машины литья под давлением. Прессование осуществлялось через питатели, сечения которых были почти равными сечениям отливки, при малых скоростях впуска (1...12 м/с) и давлении 350 МПа. Было установлено, что плотность отливки, определенная на образцах, вырезанных из бобышки отливки картера, увеличивалась по мере снижения скорости впуска до 1 м/с и увеличения давления подпрессовки до 750 МПа. Качество отливок (крышка с толщиной стенки 3,5...4 мм и общей поверхностью 480 см²; картер с переменной толщиной стенки) было выше, чем качество отливок, полученных при использовании расплава: отсутствовали утяжины, уменьшилась газовоздушная пористость.

Наибольшую известность этим процессам принесли работы М.С. Flemings и др. (США), предложивших основные схемы их реализации, которые в дальнейшем в той или иной степени были модернизированы [2].

Цель работы состояла в исследовании разработке технологических возможностей изготовления отливок из жидкотвердых и твердожидких сплавов.

Изложение основного материала. Способом литья с кристаллизацией под давлением изготавливают простые и сложные по конфигурации отливки из цветных сплавов на основе алюминия, магния, меди, цинка и других металлов, как литейных, так и деформируемых. Процесс осуществляется на специализированных и неспециализированных гидравлических прессах и машинах со скоростью холостого хода ползуна не менее 100 мм/с.

Литье с кристаллизацией под давлением рекомендуется использовать для изготовления следующих отливок: с повышенной плотностью, а также для художественных отливок сложного профиля. В последнем случае формообразующая

часть матрицы выполняется одноразовыми вкладышами.

В отличие от отливок, изготовленных литьем под давлением, отливки, изготовленные литьем с кристаллизацией под давлением, можно подвергать термической обработке, что позволяет существенно повысить механические и служебные свойства отливок и деталей.

В результате воздействия давления на кристаллизующийся сплав в отливках происходят структурные изменения (измельчение структуры, изменение состава и характера распределения фаз), повышение однородности в результате уменьшения степени развития ликвационных процессов, равномерное распределение неметаллических включений и, как следствие, повышение физико-механических показателей. При этом (по сравнению с другими способами литья) достигается повышение прочностных показателей отливок на 15-30% и пластических – в 2-4 раза.

Применяют несколько схем процесса. При пуансонном прессовании под действием выступающей части пуансона незатвердевший сплав выдавливается вверх до полного заполнения рабочей полости формы, оформляемой матрицей и пуансоном, после чего отливка выдерживается под давлением до окончания затвердевания.

При поршневом прессовании давление кристаллизующемуся расплаву передается пуансоном, перекрывающим открытую полость матрицы и действующим на верхний торец формирующейся отливки в течение времени, необходимого для ее затвердевания.

Литьем с кристаллизацией под давлением можно изготавливать отливки с толщиной стенки 2-100 мм, а также слитки диаметром 30-600 мм. Для этого процесса предпочтительными являются такие отливки, для которых могут быть использованы пресс-формы с неразъемной матрицей. Поэтому на наружных боковых поверхностях отливок не должно быть выступов и поднутрений, препятствующих извлечению их из матрицы.

Литьем с кристаллизацией под давлением можно изготавливать проволоку из алюминиевых сплавов.

Сущность технологии состоит в следующем: перед заливкой расплав перегревают на 50-70°C и заливают в форму, снижая до минимума выдержку его в форме до начала приложения давления до 3 с. Температуру формы поддерживают на уровне 20-70°C. Давление прессования – 300-400 МПа.

После заливки расплава на боковой поверхности пресс-формы формируется тонкая корка из затвердевшего металла, достаточная для того, чтобы после приложения давления она «нарушалась» и расплав поступал в специально выполненное в матрице калиброванное отверстие. Следует отметить, что на входе в отверстие корка имеет толщину меньше по сравнению с близлежащими слоями, так как она практически не

соприкасается с формой. Перед началом прессования гидростатического напора расплава, залитого в форму, недостаточно для прорыва корки и истечения металла в отверстие. После приложения давления прочность корки нарушается, и металл выдавливается через отверстие в матрице, размер которого на входе составляет 0,5 мм.

До приложения давления не происходит даже частичного оформления отливки (см. рис. 28.3, а). Под давлением пуансона расплав по питателям, расположенным в прорезях пуансона, непосредственно из мсталлоирием- ника перетекает в рабочие полости пресс-формы и уплотняется (см. рис. 28.3, б). Давление затвердевающей отливке передается через незатвердевшие участки питателей. При определенном соотношении площадей сечений питателя и отливки затвердевание может происходить как при минимальном давлении, так и при атмосферном. При этом формообразующие элементы можно изготавливать из гипса, керамики, полученной Шоу-процессом, а в ряде случаев применяют вставки из песка с нульвербакелитом.

При указанной технологии художественные отливки получаются плотные с высокой чистотой поверхности и хорошо извлекаются из пресс-формы.

Разработано несколько вариантов изготовления отливок, отличающихся друг от друга подготовкой сплава или полужатвердевшей исходной заготовки перед вводом их в камеру прессования машины литья под давлением, в матрицу пресс-формы при литье с кристаллизацией под давлением (ЛКД) или в матрицу штампа при горячей объемной штамповке или экструзии [3,5].

Реолитье (Rheocasting-процесс). При реолитье (рис. 1) дозу сплава в ЖТ-состоянии, полученного после интенсивной обработки (перемешивания, магнито-динамической (МГД) обработки, модифицирования и т.п.), загружают в камеру прессования машины ЛПД или в матрицу пресс-формы на гидравлическом прессе при ЛКД. Первоначально в реолитье применяли механическое перемешивание расплава в интервале температур «ликвидус-солидус» с помощью импеллеров (мешалок) различной конструкции, что приводило иногда к замешиванию плен, большой пористости заготовок и пр. В последние годы для этого используют методы электромагнитного перемешивания сплава.

Тиксолитье (Thixocasting-процесс). В настоящее время разработано много вариантов изготовления отливок из сплавов в ТЖ-состоянии, наиболее перспективными из которых можно считать тиксолитье. В этом случае (рис. 1) в камеру прессования машины ЛПД или матрицу пресс-формы при ЛКД пресса помещают цилиндрическую заготовку, полученную непрерывным литьем с электромагнитным перемешиванием расплава в кристаллизаторе и повторно нагретую до ТЖ-состояния (интервала температур «ликвидус-солидус»). Заготовки из

сплавов, находящихся в ТЖ-состоянии, можно получать не только литьем (на литейных машинах), но и другими способами формообразования (штамповкой, экструзией), поэтому все эти способы, отличающиеся только последней стадией процесса, называют *тиксотормовкой* (*Tixofforming*).

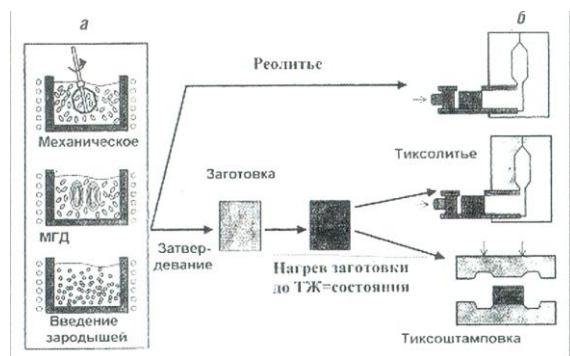


Рис. 1. Схемы изготовления заготовок рео- и тиксолитием: а – подготовка расплава с глобулярной структурой механическим перемешиванием, МГД и введением зародышей; б – изготовление заготовок

Как при реолитие, так и при тиксопроцессах попавшая в камеру прессования порция специально подготовленного сплава (исходной заготовки) при движении поршня попадает под действие высоких скоростей сдвига и приобретает вязкость, характерную для жидкостей. При этом проявляется эффект тиксотропии – временное снижение эффективной вязкости вязкотекучей или пластичной системы в результате ее деформирования. Этот эффект проявляется тем полнее, чем ближе к сферической форма включений твердой фазы и чем ближе к оптимальному реализуется соотношение между твердой и жидкой фазами. При этих условиях заготовка, находясь в ТЖ-состоянии, сохраняет первоначальную геометрическую форму и, в то же время, легко деформируется, даже режется ножом (рис. 2). Условно структуру, в наибольшей степени способствующую реализации эффекта тиксотропии, можно назвать тиксотропной.

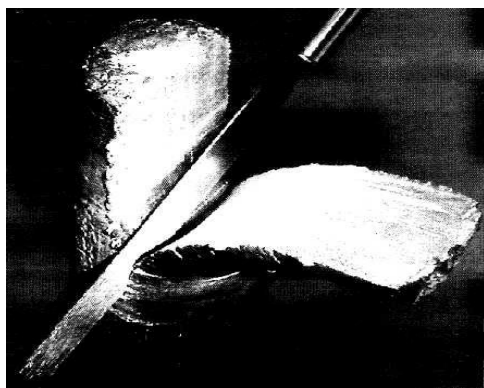


Рис. 2. Исходная заготовка, разрезаемая ножом

При реолитие в качестве исходного материала используют обычный расплав, что не нарушает традиционный цикл изготовления отливки. Его недостаток – длительное время подготовки расплава, а, следовательно, и низкая производительность.

При рео- и тиксолитие Mg-сплавов, склонных к окислению (и даже возгоранию) на воздухе, есть особенности, заключающиеся в том, что на всех основных стадиях указанных процессов (приготовление суспензии, нагрев полученных предварительных заготовок и др.) для защиты используют нейтральные газы (аргон) или смесь газов ($\text{Ar}+\text{SF}_6$). В работе [4] рассмотрены три схемы производства отливок: Reocasting, Tixofforming и Tixomolding, отличающиеся между собой подготовкой суспензии или заготовки, загружаемой в камеру прессования машины ЛПД. На рис. 3 приведены сравнительные данные о механических свойствах шести Mg-сплавов, изготовленных из твердожидких сплавов на машине ЛПД (при скорости выпуска 0,5 м/с), которые свидетельствуют о высоких значениях механических характеристик.

Особенности тиксолития:

- ограничения по составу сплавов (доэвтектические широкоинтервальные; наиболее широко используют сплав А356, близкий по составу к отечественному сплаву АК7ч);
- обязательная подготовка исходного материала;
- использование специализированного оборудования;
- эффективность обеспечивается при получении особо ответственных фасонных тонкостенных отливок сложной конфигурации (автомобилестроение, авиакосмическая отрасль).

Для успешной реализации процессов тиксоформовки необходима глобуляризация дендритов твердого раствора и определенное соотношение твердой и жидкой фаз в момент запрессовки заготовки в пресс-форму или штамп. После нагрева до требуемой температуры мерную заготовку передают в камеру прессования машины литья под давлением или штамповую оснастку пресса, сохраняя при этом ее первоначальную форму. Такое возможно благодаря высокой вязкости суспензии до тех пор, пока она не попадает под действие высоких скоростей сдвига и не приобретает низкую вязкость. Высокие скорости сдвига создаются при движении поршня, поэтому параметры процесса прессования имеют большое значение. Скорость движения поршня должна быть достаточно высокой, чтобы обеспечить эффект тиксотропии и производительность процесса, и в то же время не быть слишком высокой, так как необходимо сохранить ламинарное течение, плоский фронт движущегося расплава.

В зависимости от соотношения твердой и жидкой фаз в момент прессования к машинам литья под давлением предъявляют различные требования. Материал может находиться в полутвердом (SSM) или полужидком (SSL) состояниях. Для SSM (55-65% твердой фазы – высокая вязкость) требуются машины с высокой динамикой впрыска и высокими усилиями прессования при затвердевании. Для SSL (35-45% твердой фазы – низкая вязкость) требуются машины с регулируемыми по усилию и скорости движения поршня режимами прессования.

В настоящее время ряд фирм выпускает специализированные для тиксолитья или переделанные под тиксолитья машины литья под давлением: Buhler (Швейцария), EPCO (США), Itaipresse of America, Prince Machine (США), UBE Industries LTD (Япония) и др.

Тиксоформовка имеет как преимущества, так и серьезные недостатки по сравнению с традиционными процессами литья под давлением и жидкой штамповкой. Поэтому, используя идеологию получения отливок из сплавов в твердожидком состоянии, разработаны и идет постоянная работа над созданием различных технологий. Так, для получения отливок из магниевых сплавов разработан вариант тиксоформования, названный тиксомолдинг (Thixomolding). В этом процессе исходный материал используется в виде чешуек (чипсов) или гранул. В результате механических сдвигов, возникающих под действием шнека в машине-экструдере, чипсы (гранулы) разогреваются и в момент, когда исходный материал достигает в горячей зоне машины твердожидкого состояния, он впрыскивается в полость пресс-формы. Одним из перспективных процессов тиксоформовки является процесс, названный «Новое реолитье» (New Rheocasting Process — NRC), в котором порцию жидкого металла, незначительно перегретую над температурой ликвидус, помещают в металлический или керамический сосуд (контейнер), подвергают специальной обработке (подстуживают), повторно нагревают до температуры заливки, выдерживают определенное время и заливают в полость пресс-формы.

Установлено, что критические температуры образования зародышей находятся непосредственно на линии ликвидус или несколько ниже. Перемешивание расплава ниже этих температур не влияет на зародышеобразование и не приводит к эффекту созревания тиксотропной структуры. Это открытие реализовано в процессе полутвердого реолитья (SSR), разработанном в Массачусетском Институте технологий и лицензированном IdrаPrince. Процесс включает интенсивное перемешивание, совмещенное с очень быстрым отбором теплоты в очень узком температурном интервале вблизи ликвидуса.

При тиксолитье скорость прессования должна быть больше, чем при жидкой штамповке, но значительно меньше, чем при литье под высоким

давлением. Стабильность заполнения формы ухудшается, когда скорость больше 1,0-1,5 м/с. Литники должны быть более массивными, чем при литье под высоким давлением, окончательное давление прессования $\leftrightarrow$ 1000 бар. Кроме того, желательна дополнительная подпрессовка на литниковую систему или на изолированные массивные части отливки. Литниковая система должна препятствовать попаданию оксидных пленок в отливку.

Тиксолитье и тиксомолдинг принципиально изменяют облик литейного цеха, в котором отсутствуют плавильные и раздаточные печи, а работа обеспечивается за счет подачи полученных извне холодных мерных заготовок. При новом реолитье и SSR плавильное оборудование в литейном цехе сохраняется, возможна работа в режиме как реолитья, так и жидкой штамповки.

Опыт внедрения методов полутвердой (твердожидкой формовки) подтверждает важность математического моделирования процесса на всех его этапах. Многие разработчики внедрили «тиксомодуль» в коммерческие пакеты прикладных программ, используя простейшие операции сложных реологических процессов (примером служат программы Flow3d, MagmaSoft, PamCastSimulor, Procast). Так, например, создана виртуальная модель полностью автоматизированной тиксокаст-ячейки (<http://Thixotec.ING.Uni-Duisburg.de>).

В настоящее время существует система CALS – это комплекс международных стандартов, интегрирующих информационные технологии, создаваемые в различных странах и регионах. В 2000 г. NADCA (North American Die Casting Association) опубликовала ряд стандартов, связанных с новыми процессами литья (Product Specification Standards for Semi-Solid and Squeeze Casting Processes Aluminum, Magnesium). В Шеффилдском университете (Великобритания) создан программный пакет Thixocast, позволяющий рассчитать воздействие нового процесса на перспективы бизнеса.

В 2019 г. в Северной Америке было реализовано 35 тиксопроцессов литья и 44 машины литья под давлением серии SC; в Европе, соответственно, 24 и 24; в Японии и Азии – 7 и 178, изготовлено около 14 тыс. т заготовок для тиксолитья.

Для тиксолитья в настоящее время наиболее широко применяют сплавы A357 и A356.

Сопоставление основных характеристик процессов жидкой штамповки, литья под давлением и тиксоформовки позволяют сформулировать основные преимущества тиксотехнологий и оценить эффективность их использования при получении фасонных отливок.

Основные результаты.

Основные преимущества процессов реолитья и тиксолитья следующие:

- высокие механические и эксплуатационные свойства отливок;

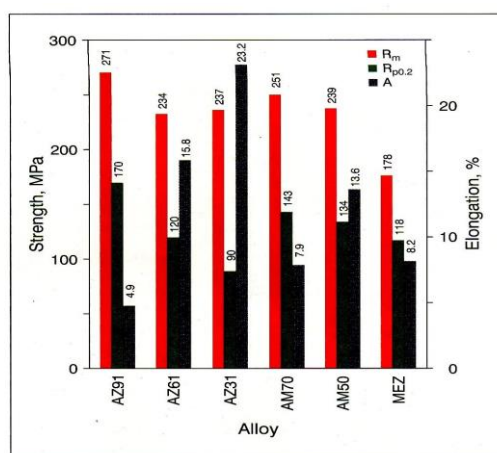


Рис. 3. Сравнительные показатели механических свойств в отливки, изготовленные из твердожидких Mg-сплавов ЛПД при скорости впуска 0,5 м/с

- отсутствие газоусадочной пористости и плен;
- возможность использования стержней с минимальными литейными уклонами при выполнении точных и глубоких отверстий благодаря незначительной усадке сплава, вызванной малым количеством жидкой фазы при прессовании;
- возможность использования деформируемых сплавов;
- возможность проведения термической обработки отливок;
- получение отливок из композиционных материалов, в которые диспергированная фаза вводится в процессе получения исходной заготовки;
- улучшение экологической обстановки за счет отсутствия при тиксолитье плавильных печей;
- повышенный срок службы оснастки и инструмента.

Следует отметить, что для рассмотренных процессов должны применяться машины литья под давлением с подогреваемой камерой прессования, а пресс-формы - иметь повышенную начальную температуру.

Выводы. Технологии рео- и тиксолитья, находящие все более широкое применение при изготовлении отливок ответственного назначения, является объектом обширных научных и технологических исследований, поскольку их реализация сопряжена с необходимостью решения ряда нетрадиционных задач.

Установили, что литье с кристаллизацией под давлением рекомендуется использовать для изготовления следующих отливок: с повышенной плотностью, а также для художественных отливок сложного профиля. В последнем случае формообразующая часть матрицы выполняется одноразовыми вкладышами.

В отличие от отливок, изготовленных литьем под давлением, отливки, изготовленные литьем с

кристаллизацией под давлением, можно подвергать термической обработке, что позволяет существенно повысить механические и служебные свойства отливок и деталей.

В результате воздействия давления на кристаллизующийся сплав в отливках происходят структурные изменения (измельчение структуры, изменение состава и характера распределения фаз), повышение однородности в результате уменьшения степени развития ликвационных процессов, равномерное распределение неметаллических включений и, как следствие, повышение физико-механических показателей. При этом (по сравнению с другими способами литья) достигается повышение прочностных показателей отливок на 15-30% и пластических – в 2-4 раза.

Даны сравнительные показатели механических свойств в отливки, изготовленные из твердожидких Mg-сплавов ЛПД при скорости впуска 0,5 м/с

Литература

1. Зуев А.Б. К истории процесса литья в твердожидком состоянии //Литейное производство, 2003, № 4. – С. 20 - 22.
2. Flemings M.C., Spencer D.B., Mehrabion R. Rheological behavior of Sn-15 % Pb in the crystallization range //Metallurgical Transaction. 1972, № 3. – P. 1925 – 1932.
3. Stancek L., Vano B., Sedlacek L., Batysev A.I. Tlakove liatie automobilovy priemysel //Strojarstvo Strojirenstvi. – 2008, № 10. - S. 92 – 94.
4. Aguilar J., Buhrig-Polaczek A. Processing and properties of magnesium alloys in the semisolid state //International Foundry Research: Giesserei Forschung, 2007, - 59, № 1. – P. 2 - 11.
5. Литейное производство: учеб. / В.Д. Белов [и др.]; под общ. ред. В.Д. Белова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: изд. Дом МИСиС, 2015. – 487с.

References

1. Zuev A.B. On the history of the casting process in a solid-liquid state //Foundry Production, 2003, No. 4. - pp. 20-22.
2. Flemings M.C., Spencer D.B., Mehrabion R. Rheological behavior of Sn-15% Pb in the crystallization range //Metallurgical Transaction. 1972, № 3. – P. 1925 – 1932.
3. Stancek L., Vano B., Sedlacek L., Batysev A.I. Tlakove liatie automobilovy priemysel //Strojarstvo Strojirenstvi. – 2008, № 10. - S. 92 – 94.
4. Aguilar J., Buhrig-Polaczek A. Processing and properties of magnesium alloys in the semisolid state //International Foundry Research: Giesserei Forschung, 2007, - 59, № 1. – P. 2 - 11.
5. Foundry production: textbook / V.D. Belov [et al.]; under the general editorship of V.D. Belov – 3rd ed., reprint. And add. - M.: ed. Mrs.'s House, 2015 – - 487s.

**Batyshev K.A., Stacek S. Batyshev A.I.,
Svinoroev Yu.A., Gutko Yu.I.**

PRODUCTION OF CASTINGS FROM LIQUID-SOLID AND SOLID- LIQUID ALLOYS

Rheo- and thixolite technologies, which are increasingly being used in the manufacture of castings for responsible

purposes, are the object of extensive scientific and technological research, since their implementation is associated with the need to solve a number of non-traditional tasks. It has been established that injection molding with crystallization under pressure is recommended for the manufacture of the following castings: with increased density, as well as for artistic castings of a complex profile. In the latter case, the forming part of the matrix is made with disposable inserts. Unlike castings made by injection molding, castings made by injection molding with crystallization under pressure can be subjected to heat treatment, which significantly improves the mechanical and service properties of castings and parts. As a result of the impact of pressure on the crystallizing alloy, structural changes occur in the castings (grinding of the structure, changes in the composition and nature of the phase distribution), an increase in uniformity as a result of a decrease in the degree of development of liquation processes, a uniform distribution of non-metallic inclusions and, as a consequence, an increase in physical and mechanical parameters. At the same time (in comparison with other casting methods), an increase in the strength indicators of castings by 15-30% and plastic ones by 2-4 times is achieved. Comparative indicators of mechanical properties in castings made of solid-liquid Md-LPD alloys at an inlet speed of 0.5 m/s are given.

Keywords: injection molding, castings, liquid-solid state of the alloy, solid-liquid state of the alloy, rheolite, thixolite, phase distribution, mechanical and service properties of castings.

Батышев Константин Александрович., доктор технических наук, профессор, МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва.

E-mail: desna.us@yandex.ru

Batyshev Konstantin Alexandrovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Bauman Moscow State Technical University, Moscow.

Станчек Стефан, доктор технических наук, профессор, Словацкий технический университет, г. Братислава.

E-mail: desna.us@yandex.ru

Stacek Stefan, Doctor of Technical Sciences, Professor, Slovak Technical University, Bratislava.

Батышев Александр Иванович, доктор технических наук, профессор, НИТУ «МИСиС», г. Москва.

E-mail: desna.us@yandex.ru

Batyshev Alexander Ivanovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, NUST MISIS, Moscow.

Свинооров 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 "Lugansk Vladimir Dahl State University".

Гутько Юрий Иванович, доктор технических наук, профессор, первый проректор ГОУ ВО ЛНР Луганский государственный университет имени Владимира Даля, г. Луганск.

E-mail: desna.us@yandex.ru

Gutko Yuri, Doctor of Technical Sciences, Professor, First Vice-Rector of the SEE HT LPR "Lugansk Vladimir Dahl State University".

Рецензент: Витренко Владимир Алексеевич, д.т.н., проф., проректор ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

Статья подана 19.09.2021 года

УДК 621.742.22

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОДУВОЧНЫХ МЕТОДОВ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ЛИТЕЙНЫХ СТЕРЖНЕЙ НА СМЕСЯХ С ТЕХНИЧЕСКИМИ ЛИГНОСУЛЬФОНАТАМИ

Свинооров Ю.А., Гутько Ю.И., Рябичев В.Д.

THE USE OF PURGE METHODS IN THE MANUFACTURE OF CASTING RODS ON MIXTURES WITH TECHNICAL LIGNOSULFONATES

Svinoroev Yr.A., Gutko Yr.I., Ryabichev V.D.

Исследована возможность применения в качестве связующих технических лигносульфонатов для изготовления продувочными методами мелких литейных стержней при производстве фасонного чугуна. Разработан процесс, как экологически безопасного, дорогостоящего и работающего на импортных связующих материалах. Показано, что преимуществом лигниновых материалов является их безопасность, проявляемая как на рабочих местах, непосредственно в литейном цеху, так и в обеспечении экологической чистоты в районе расположения предприятия с подобным производством. Указано, что при переходе на предлагаемые лигниновые материалы цена связующих может снизиться на два порядка (с 375 руб. за кг до нескольких десятков рублей, с учетом модифицирования). Акцентируется особое внимание на необходимости разработки специализированного оборудования, ориентированного на лигниновые связующие.

Ключевые слова: литейный стержень, технические лигносульфонаты, Cold-Box Amin процесс, связующая способность, стержневые смеси, песчанолигносульфонатные смеси, продувочные методы, технологическое оснащение процесса.

Введение. В мире, в общем объеме выпуска продукции, на долю отливок в автомобилестроении приходится 8-10%, в тракторостроении – 15-18%, в сельхозмашиностроении, в целом, - 15-20%, а в двигателестроении доля литья доминирует, составляя 70-80% [1], при этом, указанные показатели неуклонно увеличиваются [2].

Иллюстративным является показатель производства отливок в промышленно развитых странах мира: так в США, в 2018г., этот показатель, в стоимостном выражении, составит 33 миллиарда долларов, при ожидаемом росте производства на 4,7% 2017-2018 и роста 1.8% в 2018-2019 годах. [3], в Германии наблюдаются аналогичные тенденции [4].

Перечисленное, сопровождается ростом требований к качеству отливок [1, 5], усложнению их конструкции, при соблюдении жестких экологических нормативов [6].

Дальнейшее развитие литейной отрасли выдвигает новые императивные требования к технологическим процессам, состоящие в создании безопасных, но эффективных технологий на базе накопленного практического опыта и современных научных представлений о физико-химических явлениях, происходящих в процессе производства, с интеграцией инновационных разработок в смежных областях.

Цель работы. Изучить принципиальные возможности применения связующих на основе технических лигносульфонатов для изготовления литейных стержней продувочными методами формообразования и отверждения, обеспечивающими высокую размерную точность стержней, их быстрое отверждение, и достаточную манипуляторную прочность.

Определить и оценить технологические параметры, при которых возможно применение технических лигносульфонатов в качестве связующего материала в производстве отливок, с использованием продувочных методов формообразования литейных стержней.

Актуальность. В настоящее время актуальной является проблема технологически эффективного производства качественных отливок, при минимальной стоимости процесса с приемлемым уровнем выбросов, определяющих безопасность труда на рабочих местах и экологическую обстановку в районе нахождения производства.

Отличительным признаком технологий литья является использование литейных стержней, которые формируют внутренние поверхности тела отливки в процессе ее производства. Указанные элементы изготавливаются из разовых песчаных смесей, представляющих из себя композитный материал, где в качестве наполнителя используется

кварцевый песок, а в качестве связующего, как правило, различные смоляные материалы. Именно литейный стержень является доминирующим фактором в обеспечении качества будущей отливки, это: размерная точность, чистота поверхности, наличие газовых раковин и ситовидной пористости в теле отливки, и многие другие показатели определяющие качество. Такое влияние стержней на качество неизменно подчеркивается в разнообразных научных изданиях на протяжении всего периода развития литейного производства, ставшим предметом научных исследований, как в ранние его периоды [7,8], так и сейчас [5, 9], особое внимание уделяется вопросам безопасности [10].

Технологическая эффективность производства литейных стержней обеспечивается применением продувочных технологий их изготовления, сочетающих производительность процесса, с высоким качеством, производимых таким образом стержней, обеспечивающих высокое качество отливок. Примером подобного может служить Cold-Box Amin процесс [1, 11]. Однако, не смотря на его тотальное доминирование в современном литейном производстве, о чем свидетельствуют публикации [12, 13, 14], где отмечается возможность изготовления отливок для ракетных двигателей по данной технологии [15], он имеет ряд существенных недостатков. Их содержание состоит в двух основных моментах:

Во-первых, высокой стоимости исходных связующих, применяющихся в процессе. Этот показатель может колебаться в пределах 3,5 – 5,0 евро за кг. связующего (262,5 – 375,0 руб. за кг), и выше, при обеспечении специальных требований по прочности, выбиваемости и т.п, в то время как цена лигносульфонатов составляет 4,5 – 6,0 руб. за кг.

Во-вторых, в повышенной опасности их применения, как для рабочих непосредственно на производстве, так и для района, где расположено предприятие с подобным производством. Причиной тому является природа связующей композиции применяемой в процессе. Связующая система состоит из трех компонентов: компонент А – фенольная смола – вещества первого и второго классов опасности; компонент В – полиизоцианаты – вещества первого класса опасности (к гомологическому ряду этих веществ можно отнести цианистый натрий и цианистый калий), третий компонент, газообразный катализатор – третичные амины, являвшиеся канцерогенами, относящиеся к первому классу опасности.

Более детальное знакомство с токсикологией применяемых катализаторов в Cold-Box Amin процессе позволяет констатировать, что амины являются очень токсичными веществами. Опасно как вдыхание их паров, так и контакт с кожей. Амины, например, анилин, способны всасываться через кожу в кровь и нарушать функции гемоглобина, что может привести к летальному

исходу. Симптомами отравления крови амином являются посинение кончиков пальцев, носа, губ, одышка, учащенное дыхание и сердцебиение, потеря сознания [16].

Алифатические амины, именно которые и применяются в рассматриваемом процессе, поражают нервную систему, вызывают нарушения проницаемости стенок кровеносных сосудов и клеточных мембран, функций печени и развитие дистрофии [17]. Ароматические амины вызывают образование метгемоглобина, угнетающего центральную нервную систему. Некоторые ароматические амины — канцерогены, способные вызвать рак мочевого пузыря у человека [18]. В работе [19] показано, что даже в малых дозах, при регулярном длительном воздействии, амины оказывают вредное влияние на организм человека, это проявляется в разнообразных аллергических заболеваниях, хронической астме, склонности к опухолевым заболеваниям.

Не смотря на это, благодаря технической оснащенности процесса, накопленному, за истекшие полвека, опыту применения в литейном производстве, именно Cold-Box Amin процесс является основным при производстве мелких и средних стержней при производстве отливок. В тоже время, современные требования к безопасности производственных процессов принятых в странах европейского союза [6], делают актуальным поиск альтернатив. К ним можно отнести разработки касающиеся применения лигнино-содержащих связующих материалов, таких как технические лигносульфонаты (ЛСТ). Подобные технические решения описаны в работах [20, 21], при условии создания соответствующего технологического оборудования, описанного, например, в работе [22], можно было бы создать процесс аналогичный Cold-Box Amin. В этой связи целесообразно провести адаптивные поисковые эксперименты с целью определения принципиальной возможности или не возможности таких технических решений.

В плане безопасности, применение лигнинных продуктов является экологичным, как в контексте указанных перспективных разработок [23], так и в целом по классу лигниносодержащих веществ в целом [24,25].

Особую остроту, для России, этот вопрос имеет в силу того, что связующие для обеспечения Cold-Box Amin процесса, хотя и производятся в Нижнем Тагиле, на комбинате «Уралхимпласт», но сырьем являются импортные материалы. Доля импорта составляет 98 - 100% [2]. В противоположность этому, ЛСТ и лигнинные материалы вообще имеют отечественную ресурсную базу, вовлечение их в промышленное производство может служить образцом ресурсосбережения [26], импортозамещения [27] и создания новых рабочих мест на российских предприятиях.

Экспериментальные исследования.

Учитывая современные тенденции в технологических процессах производства отливок, целесообразно исследовать возможность применения лигноиносодержащих материалов в продувочных методах формования литейных стержней.

Суть подобных методов состоит в том, что по заданной рецептуре в смесителях или бегунах изготавливают смесь, подают в бункер пескострельной машины, выстреливают под давлением в полость стержневого ящика и продувают газами. В процессе продувки происходит отверждение, так что извлекаемый из ящика стержень готов к применению. В случае обеспечения Cold-Box Amin процесса продувка осуществляется третичными аминами, в случае смесей на лигносульфонатной основе, в качестве такого газа предлагается опробовать горячий воздух.

В соответствии ранее эмпирически установленным зависимостями [21], предложено принять для проверки на принципиальную возможность осуществления продувочного процесса на смесях с ЛСТ, модификатор из класса неионогенных поверхностно-активных веществ (НПАВ). Количество модификатора в связующем комплексе составляло 5 массовых частей, от количества ЛСТ, что соответствовало оптимальному для него соотношению [21].

Сравнение производили со стандартным составом для Cold-Box Amin процесса, рекомендуемым производителем комбинатом «Уралхимпласт». В экспериментах использовали материалы производства этого комбината.

В качестве наполнителя использовали кварцевый песок марки К02Б, лигносульфонат производства Сокольского ЦБК, в соответствии ТУ 2455-028-00279580-2004.

Составы экспериментальных смесей и условия их отверждения приведены в таблице 1. Компоненты приготавливаемых составов смесей имели температуру 20°C, при влажности наполнителя 0,1%, и показателе pH равном 7 единицам.

Приготовление песчано-смоляной смеси осуществляли в следующем порядке: в катковый смеситель, бегуны, засыпали песок, перемешивали в течении минуты, затем добавляли компоненты связующего. Вначале компонент В, с перемешиванием в течении минуты, затем компонент А с таким же временем перемешивания.

Для приготовления лигносульфонатных смесей, первоначально производили модифицирование ЛСТ, из соотношения 5массовых частей модификатора, 95 массовых частей ЛСТ. После этого готовили соответствующие рецептуре навески материала, и готовили смесь.

Таблица 1

Составы экспериментальных смесей и условия их отверждения

Номер состава	Компонентный состав, в количестве массовых частей (м.ч.)	Условия отверждения
1.	Cold-Box Amin процесс, соотношение компонента А и компонента В - 50:50 1. Компонент А – 0,9 м.ч. 2. Компонент В – 0,9 м.ч. 3. Остальное наполнитель	Отверждение продувкой третичными аминами, в соответствии с условиями завода производителя (Уралхимпласт)
2.	Смесь на основе ЛСТ модифицированных НПАВ (ЛСТМ) 1. ЛСТМ – 3,2 м.ч. 2. УСК – 0,6 м.ч. 3. Остальное наполнитель	Отверждение продувкой горячим воздухом, с температурой 180 °С
3.	То же что в составе 2	Отверждение продувкой горячим воздухом, с температурой 180 °С, с последующей вентиляцией продуктов поликонденсации воздухом имеющим комнатную температуру

Приготовление песчано-лигносульфонатной смеси осуществляли в таком порядке: в смеситель засыпали песок, перемешивали в течении минуты, затем дозировали связующее, модифицированные ЛСТ, перемешивали в течении 3 минут, затем смесь выпускалась и подавалась в бункер пескострельной машины со стержневым ящиком для получения стандартных образцов-восьмерок.

Продувку и получение образцов проводили по следующему режиму: давление в ресивере сжатого воздуха составляло 0,25МПа, время продувки третичными аминами составляло 5 сек., время вентиляции ящика подогретым воздухом 3с. Доза катализатора соответствовала нормативам.

Получение образцов из смесей на лигносульфонатной основе производили аналогичным образом, с той разницей, что не использовались третичные амины, а вместо них применялся подогретый до температуры 180°C воздух, в случае состава 3, проводилась вентиляция воздухом комнатной температуры.

Изготовленные образцы испытывали на разрыв по методике в соответствии ГОСТ 23409.7-78. Изготовленные, таким образом образцы, испытывали через 0,5; 1; 3 и 24 часа после изготовления. По пять образцов из каждого из испытываемых составов смесей.

Результаты испытаний представлены на рисунке 1.

Результаты исследования показали принципиальную возможность применения песчано-лигносульфонатных смесей модифицированных НПАВ для применения в производстве литейных стержней продувочными методами формообразования.

Как видно из результатов, процессы структурообразования в разных системах (Amin и

лигнин) носят принципиально разный характер: в случае с Amin –процессом, полимеризация запускается в момент продувки катализатором, а в случае с лигнин-процессом протекают процессы поликонденсации с образованием продуктов реакции требующих удаления из системы, например, вентилированием тела стержня воздухом имеющим комнатную температуру.

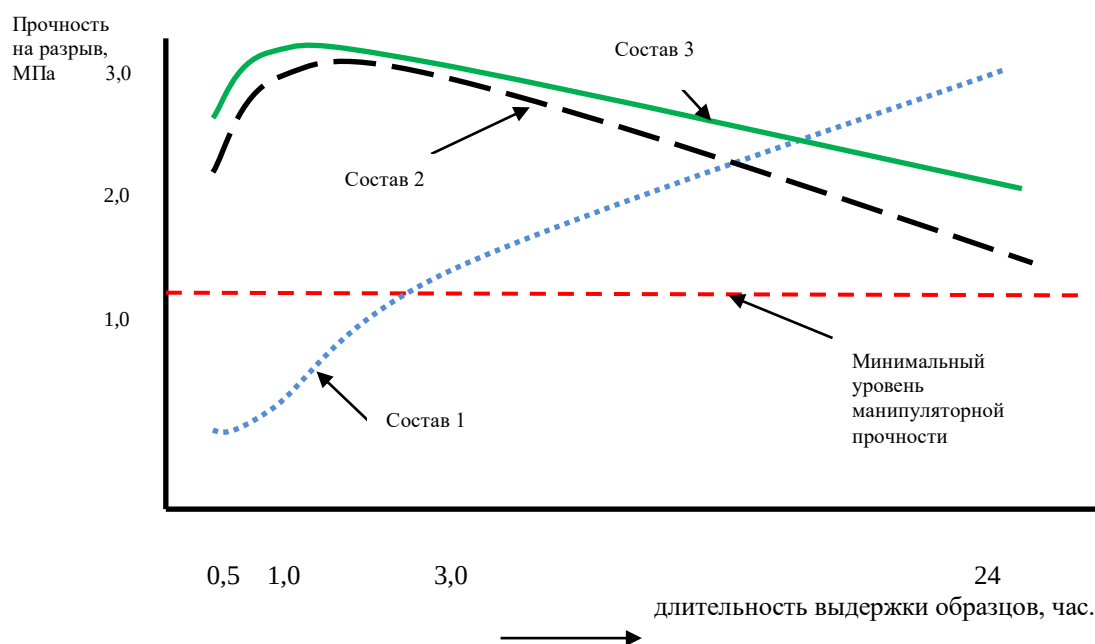


Рис. 1. Результаты испытаний смесей, кривая 1 – по Cold-Box Amin процессу, кривая 2 – для смесей с ЛСТМ с продувкой горячим газом, кривая 3 – для смесей с ЛСТМ с продувкой горячим газом и последующей вентилиацией воздухом

По результатам проведенных адаптивных экспериментов была изготовлена опытно-промышленная партия мелких песчаных стержней, по условиям отверждения состава 3 (см. табл. 1).

Полученные стержни были использованы для производства мелкого фасонного чугуна. Отливки имели чистую поверхность, без какого-либо следа пригара. Стержни после заливки высыпались из полости отливки, что исключало какие-либо трудности с выбивкой и очисткой на этапе финишных операций.

Выводы. Проведенный комплекс исследований показал принципиальную возможность применения лигниносодержащих материалов для применения в смесях, предназначенных для изготовления литейных песчаных смесей при производстве мелкого чугуна.

Установлены концентрационные границы содержания лигносульфонатного связующего в смеси.

В составе экспериментальных смесей использовались лигносульфонаты, продукты отечественного производства, отличающиеся низкой стоимостью, экологической чистотой и безопасностью в процессе применения.

Установлено, что смеси на основе ЛСТ могут заменить связующие, используемые в Cold-Box Amin процессе, что в перспективе может комплексно решать проблемы ресурсоэффективности и импортозамещения. В контексте эффективности: снизить себестоимость литья, за счет замены дорогостоящих импортных материалов более дешевыми отечественными. В контексте безопасности: изъять из технологического цикла источники генерирования вредных выбросов.

Разработка требует дальнейших исследований в аспектах оптимизации составов стержневой смеси, их фрагментации для целевого использования по отдельным группам отливок, в зависимости от их сложности (габаритные размеры, масса), вида

используемого для производства отливки сплава, требований к качеству литья.

Особое внимание следует уделить вопросам, связанным с технологическим, инструментальным и машинным обеспечением исследованного процесса применения песчано-лигносульфонатных смесей. Целесообразно развивать установленные в данной работе возможности в смесей на лигнинной основе в контексте адаптации «железа» (специализированных инструментов, оборудования, машин) под условия обеспечивающие оптимальные характеристика процесса структурообразования лигнинных связующих композиций, по примеру развития и распространения доминирующего сейчас в данной области производства Cold-Box Amin процесса.

Литература

1. Мельников А.П., Кукуй Д.М. Современные тенденции развития технологии в литейном производстве. / Литье и металлургия №3(47), 2008г. – С. 65-80.
2. Дибров И.А. О проведении XIII международного съезда литейщиков и международной выставки «Литье - 2017» 19-21 сентября 2017 г., Челябинск/ Литейщик России №10, 2017г., – С. 7-14
3. 2018 Forecast: U.S. Casting Sales to Reach \$33 Billion, A Modern Casting Staff Report, Modern Casting, January 2018, – P.22-27/
4. Попов А. Анализ литейного производства Германии на базе опыта последних проектов Laempe. / Литейщик России № 5, 2014г., – С. 32-37.
5. Батышев А.И., Батышев К.А. Образование в стальных отливках горячих трещин в зависимости от условий затвердевания. Часть III / Литейное производство №10, 2017г., – С. 23-27.
6. The Directive of the European Parliament and Council of the 24-th November 2010 concerning industrial emissions (2010).
7. Берг П.П. Качество литейной формы. «Машиностроение». М., 1971, с.291.
8. Жуковский С. С., Лясс А. М. Формы и стержни из холоднотвердеющих смесей. М, Машиностроение, – 1976, 224 с.
9. Fundamentals of metallurgy. Edited by Seshadri Seetharaman / Woodhead Publishing and Maney Publishing on behalf of The Institute of Materials, Minerals & Mining CRC Press. Boca Raton Boston New York Washington, DC – 2005, – 574 p.
10. Tracking Down Respirable Silica Exposure, R. Ferrell, R. Scholz. Modern Casting, February 2018, – P. 27-30.
11. An overview of the applications of furfural and its derivatives Anthonia, E. Eseyin*, Philip, H. Steele Department of Sustainable Bioproducts, Mississippi State University, USA, International Journal of Advanced Chemistry, 3 (2) (2015) 42-47/
12. Доценко П. Н. Изготовление отливок в стержневых формах / П. Н. Доценко // Литейщик России. – 2009. – № 1. – С. 9–13.
13. Попов А. Модернизация литейного производства автомобильной промышленности Японии / А. Попов // Литейное производство. – 2017. – № 4. – С. 36–37.
14. Попов А. М. Литье в стержнях на примерах мирового опыта фирмы «ЛАЕМПЕ» / А. Попов // «ВІСНИК Донбаської державної машинобудівної академії» № 3 (20), 2010, с. 147-151.
15. Дубровский В.А. Опыт изготовления отливок ракетного двигателя в стержневых пакетах / В. А.

Дубровский, И. А. Арбузов // Литейное производство. – 2002. – № 3. – С. 30–34.

16. Löfstedt H., Westberg H., Seldén A.I., Lundholm C. & Svartengren M. (2009) Respiratory symptoms and lung function in foundry workers exposed to low molecular weight isocyanates. American Journal of Industrial Medicine, 52, 455-463.
17. Слюсарь М. П. Ароматические amino- и ниросоединения, Руководство по гигиене труда, под ред. Ф. Г. Кроткова (издание 7), т. 2, с. 250, М., 2013
18. Encyclopaedia of occupational health and safeti, International labour office, v. 1, p. 91, 93, Geneva, 1971.
19. Löfstedt H., Westberg H., Seldén A.I., Bryngelsson I.L. & Svartengren M. (2011) Respiratory symptoms and lung function in foundry workers using the Hot Box method – a 4-year follow-up. Journal of Occupational and Environmental Medicine, 53, 1425-1429.
20. Свинороев Ю.А. О потенциале применения лигносульфонатов в качестве связующих для технологических процессов литья. / Ю.А. Свинороев, Р. Бэр, Ю.И. Гутько // Литейное производство, - 2016.-№12. – С. 30-33.
21. Yu. Svinoroev, V. Kostrub, O. Klimova New ecological binder materials based on vegetative raw aterials processintg products/Teka commission of motorization and power industry in agriculture Lublin university of technology Volodymyr Dal East-Ukrainian national university of Lugansk, Volume XB, Lubin 2010 - p. 227– 231.
22. Экструдер для переработки биологических и разнородных полимерных материалов. Патент на полезную модель России №178123 от 23.03.2018г
23. Формування екологічної безпеки підприємств регіону: монографія / О.В. Родіонов, Ю.О. Свинороев. – Луганськ: видавництво «Ноулідж», 2011.- 232 с.
24. Литейные связующие в массовом производстве: каталог / [Суворов Б. Л., Оглоблина Р. И., Коравоев Е.С. и др.] – Свердловск: ВНИИОТ ВЦСПС, – 1987. – 36 с.
25. Потоцкий Е.П., Фирсова В.М., Сахарова Е.А. Учет сочетанного действия комплекса вредных факторов и анализ влияния производственного фактора химической природы на уровень профессионального риска. / Известия Высших Учебных Заведений. Черная Металлургия. 2018;61(1):35-39.
26. Илларионов И.Е. Стрельников И.А. о применении техногенных отходов в литейном производстве. / Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. 2016. Т.14.№ 4, С. 36-40.
27. Информационный ресурс, импортозамещение в России: <http://moneymakerfactory.ru/biznes-idei/biznes-na-zameschenii-importa/>

References

1. Melnikov, A. P., D. M. Kukui Modern tendencies of development of technologies in the foundry./ Casting and metallurgy, No. 3(47), 2008. p. 65-80.
2. I. A. Dibrov On the conduct of the XIII international Congress of the founders and the international exhibition "Casting - 2017" September 19-21, 2017, Chelyabinsk/ Russia Caster No. 10, 2017 p. 7-14
3. 2018 Forecast: U.S. Casting Sales to Reach \$33 Billion, A Modern Casting Staff Report, Modern Casting, January 2018, p.22-27.
4. Popov A. Analysis of foundry production in Germany based on the experience of recent Laempe projects./ Foundry of Russia No. 5, 2014, pp. 32-37.
5. Batyshev A.I., Batyshev K.A. Formation of hot cracks in steel castings depending on solidification conditions. Part III / Foundry No. 10, 2017, pp. 23-27.
6. The Directive of the European Parliament and Council of the 24th November 2010 concerning industrial emissions (2010).

7. Berg P.P. Quality of the mold. "Mechanical engineering". M., 1971, p.291.

8. Zhukovsky S. S., Lyass A.M. Forms and rods from cold-hardening mixtures. M, Mechanical Engineering, 1976, 224c.

9. Fundamentals of metallurgy. Edited by Seshadri Seetharaman / Woodhead Publishing and Maney Publishing on behalf of The Institute of Materials, Minerals & Mining CRC Press. Boca Raton Boston New York Washington, DC - 2005, 574p.

10. Tracking Down Breathable Silica Exposure, R. Ferrell, R. Scholz. Modern Casting, February 2018, p. 27-30.

11. An overview of the applications of furfural and its derivatives Anthonia, E. Eseyin*, Philip H. Steele Department of Sustainable Bioproducts, Mississippi State University, USA, International Journal of Advanced Chemistry, 3 (2) (2015) 42-47.

12. Dotsenko, P. N. Manufacturer of castings in rod forms / P. N. Dotsenko // Caster Russia. – 2009. – No. 1. – P. 9-13.

13. Popov A. Modernization of foundry automotive industry in Japan / Popov // the Foundry. – 2017. – No. 4. – P. 36-37.

14. Popov A. M. Casting rods on the practices of the company "LAEMPE" / Popov // "VISNYK Donbosko mashinobudivna derzhavno Academ № 3 (20), 2010, pp. 147-151.

15. Dubrovsky, V. A. Experience in making castings for the rocket engine at the core packages / V. A. Dubrovskii, I. A. Arbuzov // the Foundry. – 2002. – No. 3. – S. 30-34.

16. Löfstedt H., Westberg H., Seldén A.I., Lundholm C. & Svartengren M. (2009) Respiratory symptoms and lung function in foundry workers exposed to low molecular weight isocyanates. American Journal of Industrial Medicine, 52, 455-463.

17. Slyusar M. P. Aromatic amino and niro compounds, Manual of Occupational Hygiene, edited by F. G. Krotkov (edition 7), vol. 2, p. 250, M., 2013

18. Encyclopaedia of occupational health and safety, International labour office, v. 1, p. 91, 93, Geneva, 1971.

19. Löfstedt H., Westberg H., Seldén A.I., Bryngelsson I.L. & Svartengren M. (2011) Respiratory symptoms and lung function in foundry workers using the Hot Box method – a 4-year follow-up. Journal of Occupational and Environmental Medicine, 53, 1425-1429.

20. Svinoroev Yu.A. On the potential of using lignosulfonates as binders for technological casting processes/ Yu.A. Svinoroev, R. Behr, Yu.I. Gutko // Foundry production, - 2016.-No.12. pp. 30-33.

21. Yu. Svinoroev, V. Kostrub, O. Klimova New ecological binder materials based on vegetative raw aterials processing products/Teka commission of motorization and power industry in agriculture Lublin university of technology Volodymyr Dal East-Ukrainian national university of Lugansk, Volume XB, Lubin 2010 - p. 227 – 231.

22. Extruder for processing biological and heterogeneous polymeric materials. Russian Utility Model Patent No. 178123 dated 23.03.2018

23. Formuvannya ekologichnoi bezpeka pid priemstv regionu: monograph / O.V. Rodionov, Yu.O. Svinoroyev. - Lugansk: vidavnistvo "Knowlidzh", 2011.- 232s.

24. Foundry binders in mass production: catalog / [Suvorov B. L., Ogloblina R. I., Koravoev E.S., etc.] - Sverdlovsk: VNIOT VTsSPS, - 1987. - 36 p.

25. Potocki E.P., Firsova V.M., Sakharova E.A. Consideration of the combined effect of a complex of harmful factors and analysis of the influence of the production factor of chemical nature on the level of occupational risk. / News Of Higher Educational Institutions. Ferrous Metallurgy. 2018;61(1):35-39

26. Ilarionov I.E. Strelnikov I.A. on the use of technogenic waste in foundry production./ Bulletin of the Moscow State Technical University named after G.I. Nosov. 2016. Vol.14.No. 4, pp. 36-40.

27. Information resource, import substitution in Russia: <http://moneymakerfactory.ru/biznes-idei/biznes-na-zameschenii-importa/>

Svinoroev Yr.A., Gutko Yr.I., Ryabichev V.D.

THE USE OF PURGE METHODS IN THE MANUFACTURE OF CASTING RODS ON MIXTURES WITH TECHNICAL LIGNOSULFONATES

Investigated the possibility of using as a binder technical lignosulfonate for the manufacture of blow-off methods small cores in the production of shaped cast-iron casting. The development is aimed at the replacement of a dominant in foundries at the present time, Cold-Box Amin process as environmentally hazardous, expensive and operating on the imported binder and materials. It is shown that the advantage of lignin materials is their safety, manifested both in the workplace, directly in the foundry, and in ensuring environmental cleanliness in the area of the enterprise with such production. It is indicated that when switching to the proposed lignin materials, the price of binders can be reduced by two orders of magnitude (from 375 rubles per kg to several tens of rubles, taking into account the modification). Special attention is paid to the need to develop specialized equipment focused on lignin binders.

Key words: foundry core, technical lignosulphonates, Cold-Box-Amin process, binding capacity, core sand, passanonymoustoken mixture, purging methods, technological equipment of the process.

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 "Lugansk Vladimir Dahl State University".

Гутько Юрий Иванович, доктор технических наук, профессор, первый проректор ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

E-mail: desna.us@yandex.ru

Gutko Yuri, Doctor of Technical Sciences, Professor, First Vice-Rector of the SEE HT LPR "Lugansk Vladimir Dahl State University".

Рябичев Виктор Дронович, доктор технических наук, профессор, ректор ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

E-mail: desna.us@yandex.ru

Ryabichev Viktor Dronovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Rector of the SEE HT LPR "Lugansk 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», г. Луганск.

Статья подана 15.09.2021 г.

УДК 621.742

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ РАЗРАБОТКИ НОВЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ СВЯЗУЮЩИХ НА ОСНОВЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ЛИГНОСУЛЬФОНАТОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ФАСОННОГО ЛИТЬЯ

Свинооров Ю.А.

THEORETICAL POSSIBILITIES OF DEVELOPING NEW ENVIRONMENTALLY FRIENDLY BINDERS BASED ON TECHNICAL LIGNOSULFONATES FOR THE PRODUCTION OF SHAPED CASTING

Svinoroev Yr. A.

Особую экологическую опасность представляют литейные связующие материалы которые в процессе применения генерируют на различных этапах технологического цикла производства литья особо токсичные и канцерогенные вещества, а потому являются главными загрязнителями окружающей среды, как непосредственно в литейном цеху, так и в районе расположения литейного предприятия. Такое обстоятельство предопределяет актуальность проблемы поиска альтернативных решений – связующих материалов, которые бы, обеспечивая технически необходимый уровень качества литья, являлись бы экологически чистыми материалами, при относительно низкой их стоимости. Указанным критериям отвечают технические лигносульфонаты (ЛСТ). Показано, что модифицирование является наиболее эффективным инструментом решения вопроса прочности смесей с ЛСТ.

Процесс модифицирования заключается в целенаправленном вводе в состав ЛСТ химических модификаторов, которые, вступая во взаимодействие с исходным связующим материалом, изменяют его связующую способность с 0,2-0,4 МПа до 2,7- 3,0 МПа в абсолютном выражении.

В теоретическом плане, разработка новых связующих материалов на основе ЛСТ, с принципиально иным качеством свойств, возможна при осуществлении процессов структурирования лигносодержащих материалов.

В практическом плане, для иницирования полимеризационных процессов можно использовать предварительную механообработку ЛСТ.

Разрабатываемые, в результате модифицирования ЛСТ, литейные связующие композиции имеют лучшие экологические показатели в сравнении с применяемыми.

Ключевые слова: экологическая опасность, литейные связующие, технические лигносульфонаты, технологические свойства, связующая способность, прочность, литейные формы и стержни.

Введение. Составным элементом любой литейной технологии, как неотъемлемой части производства деталей машин пищевой

промышленности, являются связующие материалы [1, 2]. С одной стороны, они определяют качество литья (чистота поверхности, класс точности, и т.п.), с другой, санитарно-гигиенические условия труда на рабочих местах и экологическую обстановку на предприятии в целом [3]. Именно они, в следствие контакта с расплавленным металлом, выгорают и газифицируются [4]. Поскольку в 70 - 90%-х случаев в качестве связующих применяют различные виды синтетических смол или масляных материалов, которые являются потенциальными носителями различных токсинов (фенол, формальдегид, акролеин) и канцерогенов (бензапирен), то образующиеся выбросы являются наиболее опасными в структуре загрязнений предприятия [2, 5]. С экономической точки зрения, упомянутые связующие делят 2-е, 3-е место (после энергоносителей) в структуре себестоимости литья [6, 7].

В этой связи существует проблема разработки и создания таких связующих материалов, которые бы обладая умеренной стоимостью, не несли бы угрозы отравления для людей на рабочих местах и не загрязняли бы окружающую среду в районах расположения этих предприятий [1, 6, 8].

Целью работы является определение и формализация теоретических предпосылок разработки новых литейных связующих материалов на основе технических лигносульфонатов.

Изложение основного материала. К материалам, обладающих экологической чистотой, можно отнести все лигносодержащие вещества. Это продукты переработки растительного сырья, прежде всего древесины на целлюлозу. Одним из главных продуктов переработки технического лигнина являются технические лигносульфонаты (ЛСТ). Основные мировые производители ЛСТ приведены в таблице 1.

Таблица 1

Основные производители лигносульфонатов [9]

Производитель	Страна	Мощность по сухому веществу, тыс. т/г
Borregaard LignoTech	Норвегия	160
LignoTech Sweden	Швеция	60
Borregaard Germany	Германия	50
LignoTech Iberica	Испания	30
LignoTech Finland	Финляндия	20
LignoTech USA	США	60
Georgia Pacific	США	200
Westvaco	США	35
Flambeau Paper	США	60
Tembec	Канада	20
Avebene	Франция	40
Tolmezzo	Италия	30
Sanyo Kokusaka	Япония	50
LignoTech South Africa	ЮАР	200
Другие		150
Всего		1175

Россия, так же является одним из крупнейших производителей ЛСТ, общий потенциал генерации, на 18 комбинатах, составляет примерно 3 млн тонн в год, из них используется в качестве связующих, лишь 270-300 тыс. тон в год.

Технические лигносульфонаты, обладая целым комплексом положительных качеств, не находят достаточного применения в литейном производстве, поскольку обладают относительно слабой связующей способностью и нестабильностью свойств [10]. Так, у наиболее эффективных связующих материалов, например, синтетических смол, удельная связующая способность составляет 0,5 -1,2 МПа на процент связующего, в то время как у ЛСТ лишь 0,03 – 0,09 МПа, что не удовлетворяет технологическим требованиям, а свойства заявляемые в сертификате качества могут существенно отклоняться от указанных[2]. Несмотря на это, данный класс материалов имеет огромный скрытый резерв для использования, поскольку он на сегодняшний день являются наиболее дешевыми и не дефицитными, т.к. производится из отходов переработки растительного сырья имеющего возобновляемый ресурс и не склонного к удорожанию. Например, цена тонны синтетических смол колеблется в пределах 500 – 1500 у.е., в то время как ЛСТ от 70 до 100 у.е. Существенен тот фактор, что первичным сырьем для выпуска смоляных связующих является нефть, запасы которой ограничены и не возобновляемы, а значит, неизбежен дальнейший рост цен этих материалов[10, 11].

ЛСТ, поскольку это продукт переработки растительных полимеров, является с экологической точки зрения наиболее чистым связующим. Токсикологические свойства ЛСТ приведены в таблице 2.

По технологичности (транспортировка, условия и сроки хранения; пластичность, текучесть и формуемость смесей; податливость и выбиваемость стержней), за исключением прочности, не уступает любому из используемых в технологиях литья материалов.

Таблица 2

Токсичность лигносульфонатов [9]

Свойства	Лигносульфонат натрия	Лигносульфонат аммония
Острая токсичность (LD ₅₀), мг/кг	> 10000	> 10000
Раздражение глаз	нет	Нет
Раздражение кожи	нет	нет
Токсичность для рыб (LC ₅₀), мг/л	> 1000	> 1000
Бактериальная токсичность (EC ₁₀), мг/л	5000	343

В тоже время, анализ информации по проблеме показывает, что накопилось множество не систематизированных фактов требующих осмысления и выработки единых теоретических представлений о методологических принципах создания на основе ЛСТ принципиально новых связующих материалов с заданными свойствами, которые бы по основным показателям не уступали синтетическим смолам и масляным связующим [8, 12, 13]. По этому, целью данной работы является формулировка теоретических предпосылок позволяющих определять направленность методов практической разработки новых связующих материалов на основе лигносульфонатных веществ в зависимости от требуемых условий. А также таких теоретических положений и принципов, которые бы могли служить ориентиром в принятии тех или иных технических решений в практике промышленного использования ЛСТ на реально работающих предприятиях.

С функциональной точки зрения связующий материал обеспечивает прочность формирующегося литейного стержня или формы. Это достигается специфическими особенностями связующих – способностью затвердевать, при определенных условиях, и образовывать не разъемные соединения между скрепляемыми однородными или разнородными материалами (частичками наполнителя). Процесс формирования прочностных свойств, является следствием сложных полимеризационных или поликонденсационных физико-химических процессов протекающих в следствие создания благоприятных для их осуществления условий, обеспечивающих изменение агрегатного состояния системы в целом (переход из жидкого во вязко-пластичное, а затем в твердое состояние). Степень полноты их протекания будет определять прочностные характеристики

связующего материала. В этом контексте, связующее выступает как сложная система взаимосвязанных элементов. Её основой являются полимерные вещества, как компоненты, физически выполняющие функции скрепляющего материала, которые рассредоточены на момент начала процесса отверждения в растворителе. Но для оптимального формирования прочностных свойств литейного стержня или формы требуется инициирование полимеризационных процессов, их поддержание и ускорение.

Целесообразно рассмотреть процесс формирования прочностных свойств в литейной форме или стержне.

Согласно концепции прочности приведенной в источнике [2], прочность скелетной системы, к которой принадлежит любая формовочная смесь, определяется двумя параметрами – прочностью

связи между зернами наполнителя в зоне контакта (p) и числом реализованных контактов, приходящимся на единицу объема (N_v). Реализованными будем называть контакты, которые осуществляются через пленку связующего. Обе эти величины являются статистическими в силу неопределенности геометрии зерен и неоднородности их размеров, поэтому их можно использовать только для качественного анализа прочности, как физического свойства смеси. В более строгой постановке учитывают еще силы механического зацепления между зернами, как это делается, например, в теории прочности сыпучих материалов. Однако у формовочных смесей при малых предельных деформациях разрушения зацепление не имеет существенного значения. Более заметную роль форма зерен приобретает при сдвиговых деформациях в процессе уплотнения.

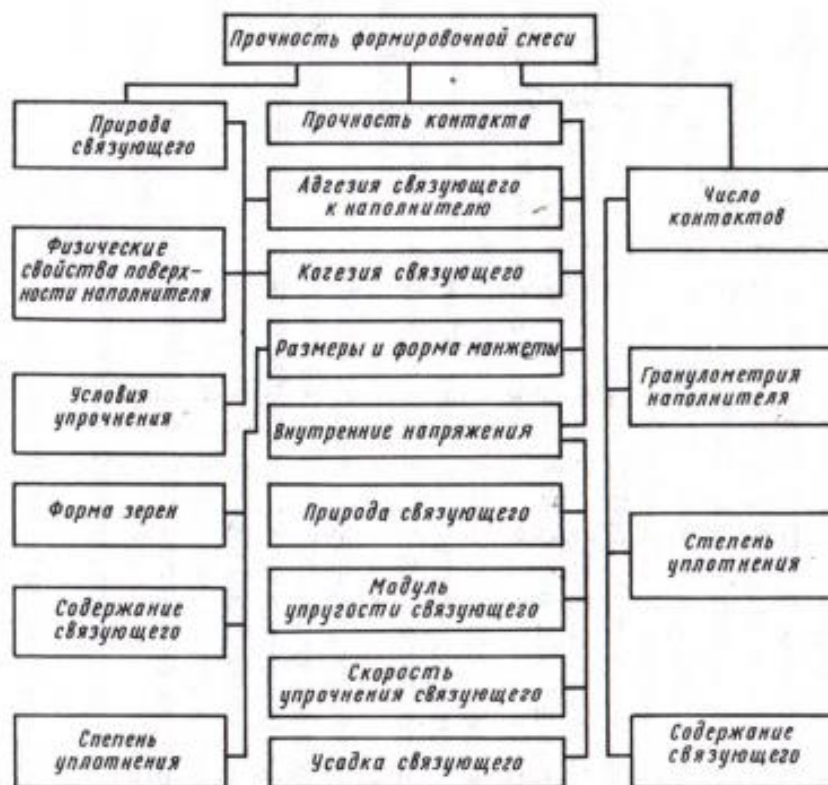


Рис. 1. Факторы, влияющие на прочность формовочных смесей (схема) [2]

На рис. 1 приведены факторы, определяющие формирование прочности формовочных смесей; они заключают в себе обобщение современных представлений об этой проблеме, которые развиты в работах [1, 2, 3, 4, 6] и многих других.

Анализ параметрической модели должен начинаться с представлений о формировании макроструктуры, от которой зависят и p и N_v . Она образуется в две стадии: первой является перемешивание, второй уплотнение, включая его предварительный этап с заполнение формы или

стержневого ящика. Механизм образования формовочной смеси зависит от природы связующей композиции. Если ее основу составляет вода или молекулярно-коллоидный раствор, когда отсутствует структурная прочность, определяющую роль играют капиллярные процессы на границе раздела связующее – наполнитель (смесь 1-го типа). Процесс обволакивания песка в смесителе идет с убылью поверхностной энергии системы.

Однако более важным представляется то, что в этом случае внешняя энергия, которую расходует

смеситель, затрачивается главным образом на преодоление внутреннего трения связующего (при вязкостях, приведенных в табл. 3) и на перемешивание песка. Последнее представляет собой преодоление гравитационных сил, зависящих от плотности песка, конструкции смесительной камеры, степени ее заполнения. Внутреннее трение наполнителя здесь несущественно; показано, что в интервале размеров зерен от 0 до 300 мкм гранулометрия не влияет на работу сухого перемешивания. На зернах образуются пленки, а в контактных зонах – стыковые манжеты. В покое эта система находится в равновесии за счет капиллярных сил и когезионной прочности жидкости. В определенной степени толщина пленок и манжет зависит и от вязкости жидкой фазы связующего. Схема капиллярного равновесия показана на модели (рис. 2) [2].

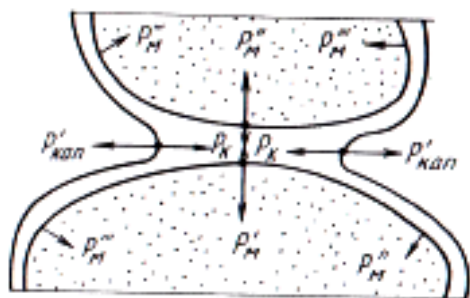


Рис. 2. Равновесие в пленках и манжетах:
 P_M - молекулярное давление; $P_{кап}$ - капиллярное давление; P_K - силы когезии; штрихами обозначены давления при разной кривизне

Молекулярное давление на кривой поверхности

$$P_M = P_0 + 2\sigma_{тж}(1/r)\cos\theta,$$

где P_0 - молекулярное давление на плоской поверхности, или сила адгезии; $\sigma_{тж}$ - межфазное натяжение на поверхности раздела наполнитель-связующее; $(1/r)$ - средняя кривизна; θ - угол смачивания.

Термодинамическая и агрегативная устойчивость жидких пленок на зернах обусловлена тем, что при $\theta < 90^\circ$ адгезия превышает когезию. Это следует из соотношения

$$\frac{W_{адг}}{W_{ког}} = \frac{\sigma_{жг}(1 + \cos\theta)}{2\sigma_{жг}}$$

где $W_{адг}$ - работа адгезии; $W_{ког}$ - работа когезии.

Поверхности минералов-наполнителей формовочных смесей, таких, как кварц, циркон, оливин, хромит и др., обладают большим энергетическим потенциалом и поэтому хорошо смачиваются полярными жидкостями, в частности водными растворами, и неводорастворимыми

олигомерами с функциональными группами типа H , NH_2 , CH_2 . И в этом и в другом случае между поверхностью и связующими преобладают водородные связи. По-видимому, условия смачивания принципиально не меняются при наличии на поверхности зерен кварцевого песка, гидрофильных минеральных примесей и пленок – глин (каолинита, галлуазита) и других минералов. Ухудшение смачивания в отдельных случаях может быть связано с наличием на зернах гидрофобных пленок неминерального происхождения из-за загрязнений или конденсации жиров из воздуха в виде мозаичной пленки. Эксперименты по косвенному определению θ для песков обычно мало достоверны. На минеральных поверхностях, как указывает Н. К. Адам, θ для воды в зависимости от состояния поверхности составляет от 13 до 58° .

Кроме капиллярных сил в системе действуют и механические. Равновесная толщина манжеты (δ_m) не одинакова по высоте столба смеси в бункере или оснастке. Она зависит от внешнего давления, которое после свободной засыпки смеси определяется высотой столба над данным уровнем и свойствами манжеты – упругостью пленки, расклинивающим давлением, вязкостью.

При перемешивании жидкость растекается по зернам, а после его завершения перетекает в зоны контакта под влиянием разности давлений $\Delta P = P_M - P_{коп}$ (см. рис. 3). На рис. 10 приведены встречающиеся в реальных структурах виды манжет и пленок, сложных контактов, зарисованные и измеренные автором с микрофотографий, полученных А. А. Бречко на шлифах.

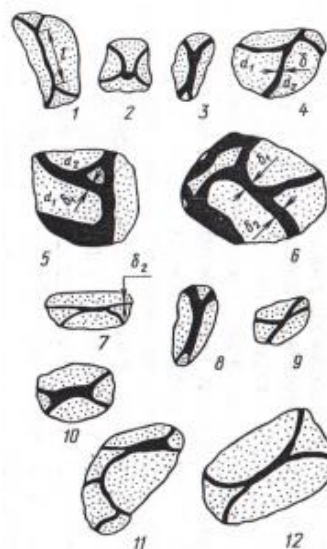


Рис. 3. Контактные манжеты в формовочных/стержневых смесях: 1, 2, 7-10, 11 – ХТС с синтетическими смолами (1, 2, 8-10 – наполнитель кварц, 7 – наполнитель циркон); 3, 4 – песчано-глинистая смесь; 5, 6, 12 – ХТС с жидким стеклом и порошкообразными отвердителями (наполнители соответственно циркон, дистенсиллиманит, кварц) [2]

На микрофотографиях видно, что в смесях 1-го рода нет точечных контактов сред, которые можно часто видеть в моделях структур, применяемых при расчетах прочности [37, 42, 58]. Важно также, что манжеты имеют значительную толщину – от 10 до 44 мкм, а пленки в несколько раз тоньше. Это не только подтверждает наличие сильного капиллярного всасывания, но и определенную условность понятия «толщина пленки связующего» в таких смесях. Ее обычно рассчитывают по формуле

$$\delta = V_{уд} / S_{уд},$$

где $V_{уд}$ – удельный объем связующего, $S_{уд}$ – удельная поверхность песка.

Таким образом, современный идеальный связующий материал, с материаловедческой точки зрения, можно представить как систему элементов включающую: полимерную основу, растворитель, отвердитель, катализатор. Взаимодействие этих элементов должно обеспечивать оптимальные прочностные свойства, управляемую скорость отверждения, высокую технологичность на этапах процесса производства (пластичность, текучесть), облегченную выбиваемость, регенерируемость отработанных смесей и экологичность процесса в целом.

С этой точки зрения ЛСТ можно классифицировать как полупродукт, сырье на основе которого можно разрабатывать новые связующие материалы, ориентированные на выполнение строго определенных задач. По

нынешнему состоянию промышленных поставок, ЛСТ, как технический объект, есть сложный полидисперсный водный раствор, представляющий собой комплекс олигомерных цепей лигносульфоновых кислот различной длины, характеризующийся широким диапазоном значений молекулярно-массового распределения. Такое состояние является следствием процессов сложной многостадийной технологии делигнификации древесины и обуславливает не стабильность свойств ЛСТ.

Для стабилизации свойств целесообразно проводить предварительную обработку ЛСТ направленную на гомогенизацию их полидисперсной структуры. Для этого была предложена методика модифицирования ЛСТ неионогенными поверхностно-активными веществами, в результате, за счет процесса мицеллообразования, проходило структурирование связующего, выравнивание молекулярно-массового распределения и как следствие стабилизация свойств. Известные методы ультраfiltrации вписываются в эти представления как частный случай, но только при таком методе низкомолекулярные фракции не выводились за пределы системы, а использовались в качестве «строительных кирпичиков» для структурирования материала в целом.

Такая обработка привела к решению задачи стабилизации свойств ЛСТ и повышения его связующей способности (см. табл. 3).

Таблица 3

Влияние модифицирования на молекулярную массу и связующую способность ЛСТ

Производитель связующего ЛСТ	Мол. масса, у.е.		Прочность, МПа	
	До обраб.	После обраб.	До обраб.	После обраб.
Сокольский	98775	133981	0.43	2.88
Камский	118809	129089	0.67	2.79
Котласский	111500	141323	0.63	2.99
Пермский	109849	140439	0.60	2.91
Сухонский	97004	142375	0.51	3.00

Связующая способность модифицированных ЛСТ и чистых ЛСТ определялась по прочности «образцов-восмеров» изготовленных и испытанных по стандартной методике. Результаты повышения прочностных характеристик обусловлены протеканием качественно иных процессов структурообразования. Вводимый модификатор обеспечивает образование поперечных связей и формирование трехмерной полимерной сетки, т.е. выступает в качестве отвердителя в связующем комплексе. Полученные результаты характеризуют качественно иной уровень связующей способности образующейся композиции – 0,5 МПа/%. Это констатирует факт создания нового связующего материала на основе ЛСТ. Данные результаты можно применять в технологических процессах

литья с производством стержней отверждаемых конвективной сушкой и в нагреваемой оснастке.

Процессы структурирования, протекание химической реакции при полимеризации, в этом случае, инициировались процессом сушки при температуре 220-230 °С, но инициирующие центры могут быть образованы и за счет предварительной, до модифицирования, специальной дезинтеграторной механообработкой связующего. Это ведет к образованию свободных радикалов, которые и инициируют полимеризационные процессы в связующем. Такую обработку можно применять для технологических процессов литья в которых используются холоднотвердеющие смеси.

Исследовали экологические характеристики разработанных связующих (см. табл. 4).

Проводили сравнение различных составов смесей с ЛСТ и с модифицированными ЛСТ (составы №1 и №2, соответственно см. табл.2), а также исследовали реальные стержневые составы имеющие практическое значение: один из которых используется в настоящее время для производства сантехлиты и отопительного оборудования (состав № 3), а другой (состав № 4) может быть предложен к применению для тех же целей.

Как видно из результатов, применение модификатора практически не приводит к

ухудшению экологических показателей связующей композиции (результаты для составов № 1 и № 2). Существенный вклад в повышение количества выбросов вносит масляное связующее УСК (состав № 3). Улучшение экологической ситуации может быть достигнуто за счет внедрения использования в производство модифицированных ЛСТ (результаты по составам № 3 и № 4), при этом, как показывают результаты, прочностные свойства смесей соответствуют требуемому уровню.

Таблица 4

Результаты исследований газотворности и токсичности смесей на основе ЛСТ

Ингредиенты смесей, свойства		Составы смесей			
		1	2	3	4
Песок кварцевый ИК02Б, %		100	100	100	100
Л С Т, %		6		4.5	
Л С Т- М, %			6		4.5
У С К, %				3.5	0.8
Удельная газотворность смесей, см. куб./ г %	300°C	1.33	1.29	1.81	1.19
	1000°C	2.43	2.41	4.25	2.08
Прочность при разрыве, МПа		0.4	2.9	1.9	2.1
Содержание вредных веществ (токсичность), %/ г					
Формальдегид	300°C	0.090	0.093	0.419	0.109
	1000°C	–	–	–	–
Акролеин	300°C	0.004	0.006	0.049	0.014
	1000°C	–	–	–	–
Окись углерода	300°C	0.089	0.091	0.919	0.251
	1000°C	0.008	0.014	0.989	0.283
Сернистый ангидрид	300°C	–	–	–	–
	1000°C	0.001	0.001	0.007	0.003

Результаты исследования. Показали, особую опасность представляют литейные связующие материалы которые в процессе применения генерируют на различных этапах технологического цикла производства литья особо токсичные и канцерогенные вещества, а потому являются главными загрязнителями окружающей среды, как непосредственно в литейном цеху, так и в районе расположения литейного предприятия. Такое обстоятельство предопределяет актуальность проблемы поиска альтернативных решений – связующих материалов, которые бы, обеспечивая технически необходимый уровень качества литья, являлись бы экологически чистыми материалами, при относительно низкой их стоимости.

Установили, что указанным критериям отвечают технические лигносульфонаты (ЛСТ).

Продемонстрировали, что модифицирование является наиболее эффективным инструментом решения вопроса прочности смесей с ЛСТ.

Процесс модифицирования заключается в целенаправленном вводе в состав ЛСТ химических модификаторов, которые, вступая во взаимодействие с исходным связующим материалом, изменяют его связующую способность

с 0,2-0,4 МПа до 2,7- 3,0 МПа в абсолютном выражении.

Выводы. В теоретическом плане, разработка новых связующих материалов на основе ЛСТ, с принципиально иным качеством свойств, возможна при осуществлении процессов структурирования лигнинсодержащих материалов.

В практическом плане, для инициирования полимеризационных процессов можно использовать предварительную механообработку ЛСТ.

Разрабатываемые, в результате модифицирования ЛСТ, литейные связующие композиции имеют лучшие экологические показатели, в сравнении с используемыми в настоящее время.

Результат прочности, полученный после модифицирования, соответствует уровню современных эффективных связующих: удельная связующая способность – прочность на один процент связующего в смеси увеличивается с 0,03 МПа/% до 0,5 – 0,7 МПа/%, для смол этот показатель колеблется в пределах от 0,5 – 1,2 МПа/%.

Литература

1. Литейное производство: учеб. / В.Д. Белов [и др.]; под общ. ред. В.Д. Белова. – 3-е изд., перераб. И доп. – М.: изд. Дом МИСиС, 2015. – 487с.

2. Литейные формовочные материалы. Формовочные, стержневые смеси и покрытия : справочник / [Болдин А. Н., Давыдов Н. И. , Жуковский С. С. и др.] – М.: Машиностроение, 2006. - 507 с.
3. Технология литейного производства: литье в песчаные формы: учебник для студ. Высш. Учеб. Заведений/ А.П. Трухов, Ю.А. Сорокин, М.Ю. Ершов и др.; Под ред. А.П. Трухова. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. 528с.
4. Инженерная экология литейного производства : Учебное пособие / [А.Н. Болдин, А.И. Яковлев, С.Д. Тепляков]; под общ. ред. А.Н. Болдина. - М.: Машиностроение, 2010. - 352 с.
5. Евстифеев Е.Н. Разработка малотоксичных связующих материалов и ресурсосберегающих смесей на их основе для усовершенствования технологий изготовления литейных стержней и форм при производстве отливок : автореф. на соискание уч. степени доктора техн. наук: спец. 05.16.04 «Литейное производство» / Е. Н. Евстифеев. // Ростов на Дону, 2007г. - 20 с.
6. Процессы газовой выделения из стержней горячего и холодного отверждения: научная монография/ Соляков Д.А., Болдин А.Н. - М.: Машиностроение-1, 2004. - 200 с.
7. Шинский О.И. Экология, техника и экономика литейного производства Украины / Шинский О. И. // 3-ий Международный промышленный инвестиционный форум : инвестиционный бюллетень □ Запорожье: изд. Торгово-промышленная палата, 2012 г. □ 34-36 с.
8. Свинороев Ю.А. О потенциале применения лигносульфонатов в качестве связующих для технологических процессов литья./ Ю.А. Свинороев, Р. Бэр, Ю.И. Гутько // Литейное производство, - 2016.-№ 12. С. 30-33.
9. Дейнеко И.П. Утилизация лигнинов: достижения, проблемы и перспективы/Химия растительного сырья. 2012.№1С.5-20.
10. Свинороев Ю. А. Лигносульфонатные материалы как перспективное сырьё для разработки новых связующих материалов для литейного производства / Свинороев Ю. А., Гутько Ю. И. // Литейное производство: технологии, материалы, оборудование, экономика и экология: международная научно-практическая конференция выставка, 12 -14 декабря 2011 г. : материалы. – К.: ФТИМС НАН Украины. 2011. – С. 241-243.
11. Мельников А.П., Кукуй Д.М. Современные тенденции развития технологии в литейном производстве// Литье и металлургия - №3 (47). 2008. – С. 65-80.
12. 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
13. Falah Mustafa Al- Sarairoh & Yuri Svinoroev Assessment of casting binding materials based on modified technical lignosulfonates/ International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development (IJMPERD) ISSN (P): 2249-6890; ISSN (E): 2249-8001 Vol. 10, Issue 2, Apr 2020, 335-346
2. Foundry molding materials. Molding, core mixtures and coatings : handbook / [Boldin A. N. , Davydov N. I., Zhukovsky S. S., etc.] - M.: Mechanical Engineering, 2006. - 507 p.
3. Foundry technology: sand casting: student for student. Higher. Studies. Institutions/ A.P. Trukhov, Yu.A. Sorokin, M.Yu. Ershov, etc.; Edited by A.P. Trukhov. - M.: Publishing Center "Academy", 2005. 528s.
4. Engineering ecology of foundry production : Textbook / [A. N. Boldin, A. I. Yakovlev, S. D. Teplyakov] ; under the general editorship of A.N. Boldin. - M.: Mechanical Engineering, 2010. - 352 p.
5. Evstifeev E.N. Development of low-toxic binding materials and resource-saving mixtures based on them to improve the manufacturing technologies of casting rods and molds in the production of castings : abstract. for the degree of Doctor of Technical Sciences : spec. 05.16.04 "Foundry production " / E. N. Evstifeev. // Rostov on Don, 2007 - 20 p.
6. Processes of gas release from hot and cold curing rods: scientific monograph / Solyakov D.A., Boldin A.N. - M.: Mechanical Engineering-1, 2004. - 200 p.
7. Shinsky O. I. Ecology, technology and economics of foundry production in Ukraine / Shinsky O. I. // 3rd International Industrial Investment Forum : Investment Bulletin Запорож Zaporozhye: ed. Chamber of Commerce and Industry, 2012 □ 34-36 p.
8. Svinarov Y. A. On the potential application of lignosulfonate as a binder for the technological processes of casting./ A. Svinarov, R. Baer, J. I. Gotico // Foundry - 2016.-№12. P. 30-33.
9. Deineko, I. P. Utilization of lignins: achievements, problems and prospects/Chemistry of plant raw materials. 2012.No.1C.5-20.
10. Svinoroev Yu. A. Lignosulfonate materials as promising raw materials for the development of new binding materials for foundry production / Svinoroev Yu. A., Gutko Yu. I. // Foundry production: technologies, materials, equipment, economics and ecology : international scientific and practical conference exhibition, December 12 -14, 2011 : materials. - K.: FTIMS NAS of Ukraine. 2011. - pp. 241-243.
11. Melnikov A.P., Kukui D.M. Modern trends in technology development in foundry production// Casting and metallurgy - No.3 (47). 2008. pp. 65-80
12. 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
13. Falah Mustafa Al- Sarairoh & Yuri Svinoroev Assessment of casting binding materials based on modified technical lignosulfonates/ International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development (IJMPERD) ISSN (P): 2249-6890; ISSN (E): 2249-8001 Vol. 10, Issue 2, Apr 2020, 335-346.

References

1. Foundry production: textbook / V.D. Belov [et al.]; under the general editorship of V.D. Belov-- 3rd ed., reprint. And add. - M.: ed. House of MISIS, 2015. - 487s.

Svinoroev Yr. A. THEORETICAL POSSIBILITIES OF DEVELOPING NEW ENVIRONMENTALLY FRIENDLY BINDERS BASED ON TECHNICAL LIGNOSULFONATES FOR THE PRODUCTION OF SHAPED CASTING

A special environmental danger is posed by foundry binding materials, which in the process of application

generate particularly toxic and carcinogenic substances at various stages of the technological cycle of casting production, and therefore are the main environmental pollutants, both directly in the foundry and in the area of the foundry's location. This circumstance determines the urgency of the problem of finding alternative solutions - binding materials that, while providing the technically necessary level of casting quality, would be environmentally friendly materials at a relatively low cost. Technical lignosulfonates (LST) meet these criteria. It is shown that modification is the most effective tool for solving the problem of strength of mixtures with LST.

The modification process consists in the purposeful introduction of chemical modifiers into the composition of the LST, which, interacting with the initial binder, change its binding capacity from 0.2-0.4 MPa to 2.7- 3.0 MPa in absolute terms.

Theoretically, the development of new binding materials based on LST, with a fundamentally different quality of properties, is possible in the implementation of the structuring processes of lignin-containing materials.

In practical terms, preliminary machining of LST can be used to initiate polymerization processes.

The foundry binder compositions developed as a result of the modification of the LST have better environmental performance in comparison with those used.

Keywords: *environmental hazard, casting binders, technical lignosulfonates, technological properties, binding capacity, strength, casting molds and rods.*

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 "Lugansk 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», г. Луганск.

Статья подана 15.09.2021 г.

УДК 378. 090. 33–044. 339

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ИНКЛЮЗИВНОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ СТУДЕНТОВ В ИНФОРМАЦИОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ ВУЗА (РЕФЛЕКСИВНЫЙ КОМПОНЕНТ)

Богданова Е.В.

RESULTS OF THE RESEARCH ON THE FORMATION OF STUDENTS' INCLUSIVE COMPETENCE IN THE INFORMATION AND EDUCATIONAL ENVIRONMENT OF HIGHER EDUCATION INSTITUTION (REFLEXIVE COMPONENT)

Bogdanova E.V.

В статье рассматривается вопрос формирования инклюзивной компетентности студентов в информационно-образовательной среде вуза. Описываются внедрение психолого-педагогического сопровождения и педагогические условия процесса формирования инклюзивной компетентности студентов, этапы внедрения модели процесса формирования данной компетентности, а также представлены результаты исследования формирования инклюзивной компетентности студентов в информационно-образовательной среде вуза, а именно рефлексивного компонента.

Ключевые слова: инклюзия, компетентность, рефлексивный компонент, модель, студенты, информационно-образовательная среда, технологии, профессиональная подготовка, университет.

Современное образование активно реализует инклюзивное обучение на всех уровнях. Изменяются подходы и требования к самому процессу обучения в целом. Внедрение в отечественное образовательное пространство инклюзивного образования предполагает и новые требования к личности преподавателя, его субъектным личностным качествам, профессиональной компетентности в целом. Внимание Закона Луганской Народной Республики «Об образовании» от 30. 09. 2016 № 128-П (ст. 78) акцентировано на реализацию социального запроса на качественное и содержательное изменение профессиональной подготовки будущих педагогов, которая должна включать вопросы инклюзивного образования [11].

Актуальность инклюзивного образования способствовала повышению интереса педагогов-ученых к теоретико-методологическим и прикладным вопросам его реализации. Анализ широкого круга психолого-педагогических исследований показал, что внедрению инклюзивного образования в России посвящены работы многих ученых, в частности И.Е. Авериной, Т.П. Дмитриевой, И.И. Лошаковой, М.М. Семаго,

Н.Я. Семаго, М.Л. Семенович, Е.Р. Ярской-Смирновой и др.

Многие исследователи отмечают актуальность и значимость эволюционных изменений в современном образовании, связанных с включением детей с ограниченными возможностями здоровья в общеобразовательные учреждения (работы Л.И. Аксёновой, С.О. Брызгаловой, Л.С. Выготского, Д.В. Зайцева, В.В. Коркунова, И.И. Лошаковой, Н.М. Назаровой и др.), а в дальнейшем – и в образовательную среду высшей школы.

Ключевые вопросы подготовки кадров для инклюзивного образования, безусловно, связаны с формированием профессиональных компетентностей.

Ряд исследователей связывают профессиональную компетентность с понятием общей культуры (Е.В. Бондаревская, Е.В. Попова) [3; 12]; другие – с уровнем профессионального образования (Б.С. Гершунский) [5]. Ряд ученых, в частности, Н.В. Кузьмина, Т.В. Маркова, Л.М. Митина и др. [8; 9; 10] определяют её как одно из субъектных свойств личности, обуславливающее эффективность профессиональной деятельности; рассматривают компетентность как систему, включающую знания, умения и навыки; Т.Г. Браже раскрывает это понятие через профессионально-значимые качества личности, обеспечивающие выполнение профессиональных обязанностей [4]. Отдельные аспекты профессиональной педагогической подготовки, в частности, проблема готовности будущего учителя к работе с учащимися в условиях инклюзивного образования, нашли отражение в исследованиях Ю.В. Шумиловской [14]; составляющие инклюзивной компетентности и процесс ее формирования у студентов вуза, будущих педагогов, рассматривают в своем исследовании Т.М. Тишина и А.А. Семенко; когнитивную и деятельностную составляющие профессиональной подготовки (знание

психологических закономерностей и особенностей возрастного и личностного развития детей в условиях инклюзивной образовательной среды; методов психологического и дидактического проектирования учебного процесса для совместного обучения детей с нарушенным и нормальным развитием; формирование умений реализовать различные способы педагогического взаимодействия между всеми субъектами образовательной среды рассматривает С.И. Сабельникова.

В процессе профессиональной подготовки будущих учителей особую значимость приобретает проблема формирования инклюзивной компетентности студентов, будущих учителей как составляющей их профессиональной компетентности.

В целях дальнейшей конкретизации содержания и уточнения трактовки понятия «инклюзивная компетентность студентов в информационно-образовательной среде» мы обращались к методу поэлементного анализа, что позволило выделить в инклюзивной компетентности студентов в информационно-образовательной среде вуза структурообразующие компоненты.

В процессе нашего исследования нами были выделены такие компоненты инклюзивной компетентности студентов: мотивационный, рефлексивный, когнитивно-информационный и духовно-нравственный.

Результаты диагностики исходного уровня инклюзивной компетентности студентов в информационно-образовательной среде вуза позволяют обоснованно внедрить в учебный процесс структурно-функциональную модель процесса формирования данной компетентности и педагогические условия, способствующие ее успешной реализации.

Рефлексивный компонент инклюзивной компетентности мы диагностировали с помощью анкетирования.

В результате диагностики можно констатировать, что у студентов как контрольной, так и экспериментальной групп практически одинаковые результаты рефлексии, что говорит о недостаточном методическом обеспечении учебного процесса студентов в условиях информационно-образовательной среды вуза.

Результаты сформированности по уровням рефлексивного компонента представлены в табл. 1.

Учитывая результаты исследования, а также проверяя значимость различий контрольных и экспериментальных групп с ϕ^* -критерия Фишера (показаны незначимые различия), приходим к выводу, что в целом в обоих видах групп отмечен низкий уровень сформированности рефлексивного компонента инклюзивной компетентности студентов в информационно-образовательной среде вуза.

Таблица 1

Уровни сформированности рефлексивного компонента инклюзивной компетентности студентов на этапе констатирующего эксперимента (в % от общего количества испытуемых в группе)

Группа	Уровни		
	низкий	средний	высокий
Экспериментальная	64	33	3
Контрольная	65	33	2

Внедрение в учебный процесс структурно-функциональной модели велось поэтапно. На *профессионально-деятельностном этапе* мы формировали рефлексивный компонент инклюзивной компетентности студентов в информационно-образовательной среде вуза и использовали метод проблемного обучения, ситуационные задачи и практические задания, которые студенты выполнили на производственной практике в инклюзивной школе г. Луганска УВК «Новое поколение».

Новые требования к выпускнику образовательного учреждения основаны преимущественно на практико-ориентированности его подготовки, поэтому методы, формы и средства, применяемые в образовательном процессе, должны обеспечивать «включение» обучающегося в систему соответствующей деятельности, что обеспечит приобретение опыта, формирование практических умений и личного отношения к будущей профессиональной деятельности, а деятельность – это целенаправленная активность личности, обусловленная как внешними объективными обстоятельствами (факторами), так и внутренними субъективными установками, ожиданиями, ценностными ориентациями субъекта деятельности. Деятельность находит свое частичное выражение (и отражение) в активном поведении личности.

Решающим и необходимым условием организации практической подготовки является разносторонняя ориентация студента на все сферы педагогической деятельности: учебную деятельность учащихся и ее методическую оснащенность, собственно воспитательное взаимодействие и его организацию, исследовательско-поисковую работу и овладение ее методикой.

Задания на практику заключались в освоении навыков работы с детьми с ограниченными возможностями здоровья совместно со здоровыми сверстниками, организации с ними мероприятий и внеаудиторной работы, игровых занятий, проведение родительских собраний в классе, где обучаются и дети с ограниченными возможностями здоровья.

Студентам необходимо было разработать план-сценарий родительского собрания, провести с родителями семинар на тему «Дети все равны», лекцию на тему «Культура общения в инклюзивной среде» и т.д.

Также студенты проводили игру на развитие мелкой моторики рук и занятие «Изо терапия».

Для формирования рефлексивного компонента инклюзивной компетентности студентов в информационно-образовательной среде вуза мы использовали метод оценки продуктов деятельности студентов, которые потом оценивали эксперты.

Экспертной оценке подвергался такой продукт деятельности педагогов, как эссе. По результатам анализа следует отметить, что все студенты представили личностную оценку инклюзивному образованию, было выявлено глубокое понимание проблем детей с ОВЗ, ценностное отношение к инклюзии; приводятся реальные примеры организации инклюзивного образования.

Пример 1. «Человек так устроен, что может учиться радости, любви, сопереживанию только тогда, когда он видит эти чувства по отношению к нему. Человек может научиться любви, только когда видит эту любовь. Всегда считала: инклюзивное образование – это и есть то, к чему должно стремиться наше образование в целом. Но самое главное, на мой взгляд – это индивидуальное сопровождение, которое будет развивать его, и развивать всех детей в целом. Я считаю, что инклюзивное образование – это та тоненькая ниточка, которая связывает ребенка с ограниченными возможностями здоровья с обществом, с миром, с любовью».

Пример 2. «Я отношусь неоднозначно к данной проблеме. Да, необходимо предпринимать специальные действия, для того чтобы дети-инвалиды стали равноправными, а учащиеся научились взаимопомощи, умению сопереживать, сочувствовать. Дети с инвалидностью должны иметь возможность обучаться в вузах, получить достойную профессию, адаптироваться в современных социальных условиях, иметь возможность принимать участие в общественной деятельности.

В связи с этим они будут чувствовать себя полноценными гражданами, так как будут включены в образовательную и социальную жизнь, смогут ощущать безопасность, ценность совместного пребывания.

Инклюзивное образование следует внедрять в образовательную систему осторожно, постепенно, т.к. общество, родители, педагоги, дети не готовы к переменам.

Педагогам следует перестроить процесс совместного обучения, пройти переподготовку и т.д., а для этого нужно время».

Также формирование рефлексивного компонента включало методику оценки способности студентов решать профессиональные задачи.

Студентам предложено решить пять задач:

- проанализировать план беседы учителя класса с родителями детей по вопросу проявления толерантности к детям с особенностями психофизического развития;

- ценить качество содержания психолого-педагогической характеристики класса, составленной учителем;

- проанализировать план разговора учителя с детьми класса о людях с инвалидностью;

- предложить конструктивное разрешение двух конфликтных ситуаций.

Одним из вариантов практического применения полученных инклюзивных знаний является мозговой штурм как эффективный метод коллективного обсуждения, поиска решений, побуждающий участников проявлять свое воображение и творчество. Он достигается путем свободного выражения мнений всех участников и помогает находить несколько решений по конкретной задаче.

Результаты оценки решения профессиональных задач позволили сделать нам следующие заключения:

- все студенты, будущие педагоги инклюзивной школы, понимают значимость представленных профессиональных задач;

- знание способов решения перечисленных профессиональных задач продемонстрировали 86% студентов;

- умение контролировать собственные действия в процессе решения профессиональных задач показали 28% будущих педагогов.

Для отработки в профессиональной деятельности психолого-педагогических и инклюзивных знаний, специальных инклюзивных умений и навыков студенты проводили ситуативно-ролевую игру «Родительское собрание». В игре обыгрывается ситуация, которая заключалась в следующем: в четвертый класс с нового учебного года должна прийти новая ученица. У девочки – детский церебральный паралич. Классный руководитель должен подготовить детей и их родителей к тому, чтобы они адекватно отреагировали на приход новой одноклассницы, знали, как правильно себя вести, чтобы помочь ей адаптироваться к новым условиям, влиться в классный коллектив и добиться успехов в обучении. В группе распределяются роли классного руководителя, родителей, дефектолога, учеников.

Студенты заранее распределили роли и готовили материал для их выполнения, продумывали характеры и линию поведения своего персонажа. По окончании игры проводился коллективный анализ и оценка игры. После участия в таком роде ситуаций будущие учителя «школы для всех» приобретают знания, умения и навыки, необходимые для профессиональной деятельности в условиях инклюзивного обучения.

Делая выводы о педагогической практике, можно сказать, что ее главная цель заключается в формировании компетенций педагога, способного осуществлять на современном научном и методическом уровне учебную и воспитательную работу с детьми с ограниченными возможностями

здоровья. Отчеты по практике студенты сдавали в электронной форме с помощью сетевых информационных технологий.

По завершении формирующего эксперимента был проведен контрольный эксперимент, в ходе которого проводилось повторное диагностическое исследование для определения уровней сформированности инклюзивной компетентности студентов в информационно-образовательной среде вуза в экспериментальной и контрольной группах. Были использованы те же диагностические

методики, что и при проведении констатирующего эксперимента. Это позволило получить объективные данные о динамике развития инклюзивной компетентности студентов, в частности рефлексивного компонента, и провести количественный и качественный анализ опытно-экспериментальной работы. В результате проведенной диагностики на этапе констатирующего эксперимента нами были получены данные в контрольных и экспериментальных группах.

Таблица 2

Сравнение уровня сформированности рефлексивного компонента в экспериментальной и контрольной группе на этапах констатирующего и контрольного эксперимента (в % от общего количества испытуемых в группе)

Группа	Констатирующий этап			Контрольный этап		
	низкий	средний	высокий	низкий	средний	высокий
Эксперимент.	64	33	3	53	38	9
Контрольная	65	33	2	64	35	1

Анализ данных таблицы свидетельствует об изменении уровня рефлексии в экспериментальной группе при сохранении относительно неизменных показателей контрольной группы. Так, по результатам эксперимента участники экспериментальной группы стали демонстрировать больший уровень потребности в саморазвитии и самосовершенствовании: если до начала эксперимента доля таких участников составляла 64%, то к концу эксперимента их доля снизилась до 53%, что свидетельствует о появлении уверенности в собственном успехе, желании активно реализовать себя в профессиональной деятельности при работе с людьми, имеющими ограниченные возможности.

Погружение студентов в профессиональную деятельность предполагает реальное выполнение действий, входящих в состав профессиональных функций специалиста, в процессе обучения, то есть в процессе освоения деятельности. Сформировались личностные качества, необходимые в дальнейшей профессиональной деятельности студентов в процессе реализации инклюзивного обучения. Итоговым оценочным показателем эффективности эксперимента будет выступать измененный уровень сформированности инклюзивной компетентности студентов.

Л и т е р а т у р а

1. Андреев А. А. Некоторые проблемы педагогики в современных информационно-образовательных средах / А. А. Андреев // Инновации в образовании. – 2004. – № 6. – С. 98–113.
2. Беляев Г. Ю. Педагогическая характеристика образовательной среды в различных типах образовательных учреждений : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.01 / Беляев Геннадий Юрьевич ; Исследов. центр проблем качества подготовки специалистов. – М., 2000. – 157 с.

3. Бондаревская Е. В. Педагогика: личность в гуманистических теориях и системах воспитания : учеб. пособие : для студентов сред. и высш. пед. учеб. заведений, слушателей ИПК, учителей / Е.В. Бондаревская, С. В. Кульневич. – М. ; Ростов н/Д : ТЦ «Учитель», 1999. – 558 с.
4. Браже Т. Г. Интеграция предметов в современной школе : [культуролог. уклон] / Т. Г. Браже // Лит. в шк. – 1996. – № 5. – С. 150–154.
5. Гершунский Б. С. Философия образования для XXI века : (в поисках практико-ориентированных образовательных концепций) / Б. С. Гершунский ; Рос. акад. образования, Ин-т теории образования и педагогики. – М. : Совершенство, 1998. – 608 с.
6. Дерябо С.Д. Учителю о диагностике эффективности образовательной среды / С.Д. Дерябо ; под ред.: В.П. Лебедевой, В. И. Панова ; Рос. акад. образования, Психол. ин-т, Центр комплекс. формирования личности. – М. : Молодая гвардия, 1997. – 216 с. : табл.
7. Зайцева О. Б. Формирование информационной компетентности будущих учителей средствами инновационных технологий : автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. пед. наук : спец. 13.00.08 «Теория и методика профессионального образования» / Зайцева Ольга Борисовна ; Брян. гос. пед. ун-т им. И. Г. Петровского. – Брянск, 2002. – 20 с.
8. Кузьмина Н. В. Профессионализм личности преподавателя и мастера производственного обучения / Н. В. Кузьмина ; ВНИИ проф.-техн. образования. – М. : Высш. шк., 1990. – 117 с.
9. Маркова Т. В. Формирование естествоведческой компетентности учащихся младших классов специальной (коррекционной) школы VIII вида : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.03 / Маркова Татьяна Владимировна ; Моск. гос. гуманитар. ун-т им. М. А. Шолохова. – М., 2015. – 163 с. : ил.
10. Митина Л.М. Психология профессионального развития учителя: учеб.-метод. пособие / Л. М. Митина. – М. : Флинта : МПСИ, 1998. – 200 с.

11. Об образовании [Электронный ресурс] : Закон ЛНР от 30 сент. 2016 г. № 128-II. – Режим доступа: <https://nslnr.su/zakonodatelstvo/normativno-pravovaya-baza/3606/>. – Загл. с экрана. – Дата обращения: .10. 03.20.

12. Попова Г. И. Конструирование электронных учебных материалов в профессиональной подготовке учителей : автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. пед. наук : спец. 13.00.08 «Теория и методика проф. образования» / Попова Галина Ивановна ; Кубан. гос. ун-т. – Краснодар, 2006. – 23 с.

13. Хафизуллина И. Н. Формирование инклюзивной компетентности будущих учителей в процессе профессиональной подготовки : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.08 / Хафизуллина Ильмира Наильевна ; Астрахан. гос. ун-т. – Астрахань, 2008. – 213 с.

14. Шумиловская Ю. В. Подготовка будущего учителя к работе с учащимися в условиях инклюзивного образования : автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. пед. наук : спец. 13.00.08 «Теория и методика профессионального образования» / Шумиловская Юлия Валерьевна ; Шуйский гос. пед. ун-т. – Шуя, 2011. – 26 с.

References

1. Andreev A. A. Nekotorye problemy pedagogiki v sovremennih informacionno-obrazovatel'nyh sredah / A. A. Andreev // Innovacii v obrazovanii. - 2004. - № 6. - S. 98-113.

2. Beljaev G. Ju. Pedagogickaja harakteristika obrazovatel'noj sredy v razlichnyh tipah obrazovatel'nyh uchrezhdenij: dis. kand. ped. Nauk : 13.00.01 / Beljaev Gennadij Jur'evich ; Issledov. Center of the problems of quality of podgotovki specialists. - M., 2000. - 157 s.

3. Bondarevskaja E. V. Pedagogika: lichnost' v gumanisticheskikh teoriyakh i sistemah vospitaniya : ucheb. posobie : dlja student sred. i vyssh. ped. Ucheb. zavadenij, slushatelej IPK, uchitelej / E. V. Bondarevskaja, S. V. Kul'nevich. - M. ; Rostov n/D : TC "Uchitel", 1999. - 558 s.

4. Brazhe T. G. Integracija predmetov v sovremennoj shkole : [kul'turolog. uklon] / T. G. Brazhe // Lit. In shk. - 1996. - № 5. - S. 150-154.

5. Gershunskij B. S. Filosofija obrazovaniya dlja XXI century: (in search of praktiko-orientirovannyh obrazovatel'nyh koncepcij) / B. S. Gershunskij ; Ros. akad. Obrazovaniya, In-t teorii obrazovaniya i pedagogiki. - M. : Sovershenstvo, 1998. - 608 s.

6. Derjabo S. D. Uchitelju o diagnostike jeffektivnosti obrazovatel'noj sredy / S. D. Derjabo; ed.: V. P. Lebedevoj, V. I. Panova ; Ros. akad. Obrazovaniya, Psihol. In-t, Center of complex formirovaniya lichnosti. - M. Young Guard, 1997. - 216 s. tabl.

7. Zajceva O. B. Formirovanie informacionnoj kompetentnosti budushhihi uchitelej sredstvami innovacionnyh tehnologij: avtoref. dis. for soisk. uchen. step. kand. ped. nauk: spec. 13.00.08 "Theory and metodika professional'nogo obrazovaniya" / Zajceva Ol'ga Borisovna ; Brjan. gos. ped. Un-t im. I. G. Petrovskogo. - Brjansk, 2002. - 20 s.

8. Kuz'mina N. V. Professionalizm lichnosti prepodavatelja i mastera proizvodstvennogo obuchenija / N. V. Kuz'mina ; VNII prof. obrazovaniya. - M. : Vyssh. shk., 1990. - 117 s.

9. Markova T. V. Formirovanie estestvovedcheskoj kompetentnosti uchashihhsja mladshihhsja klassov special'noj (korrektsionnoj) shkoly VIII vida: dis. kand. ped. nauk : 13.00.03 / Markova Tat'jana Vladimirovna ; Mosk. gos. gumanitar. Un-t im. M. A. Sholohova. - M., 2015. - 163 s. : il.

10. Mitina L. M. Psihologija professional'nogo razvitiya uchitelja: ucheb.-metod. Pobie / L. M. Mitina. - M. : Flinta : MPSI, 1998. - 200 s.

11. obrazovaniy [Elejtronnyj resurs] : Zakon LNR ot 30 sent. 2016 g. NO. 128-II. - Rezhim dostupa: <https://nslnr.su/zakonodatelstvo/normativno-pravovaya-baza/3606/>. - Zagl. s jekrana. - Data of obrashchenija: .10. 03.20.

12. Popova G. I. Konstruirovanie jelektronnyh uchebnyh materialov v professional'noj podgotovka uchitelej: avtoref. dis. For soisk. uchen. step. kand. ped. nauk: spec. 13.00.08 "Teorija i metodika prof. Obrazovaniya" / Popova Galina Ivanovna ; Kuban. Un-t. - Krasnodar, 2006. - 23 s.

13. Hafizullina I. N. Formirovanie inkljuzivnoj kompetentnosti budushhihi uchitelej v processe professional'noj podgotovki: dis. kand. ped. nauk : 13.00.08 / Hafizullina Il'mira Nail'evna ; Astrahan. gos. un-t. - Astrahan', 2008. - 213 s.

14. Shumilovskaja Ju. V. Podgotovka budushhego uchitelja k rabote s uchashhimisja v uslovijah inkljuzivnogo obrazovaniya: avtoref. dis. On soisk. uchen. step. kand. ped. nauk : spec. 13.00.08 "Theory and metodika professional'nogo obrazovaniya" / Shumilovskaja Julija Valer'evna ; Shujskij gos. ped. un-t. - Shuja, 2011. - 26 s.

Bogdanova E.V.

RESULTS OF THE RESEARCH ON THE FORMATION OF STUDENTS' INCLUSIVE COMPETENCE IN THE INFORMATION AND EDUCATIONAL ENVIRONMENT OF HIGHER EDUCATION INSTITUTION (REFLEXIVE COMPONENT)

The article deals with the formation of students' inclusive competence in the information and educational environment of the university. The author describes the implementation of psychological and pedagogical support and pedagogical conditions of the formation of inclusive competence of students, the stages of the model implementation process of forming this competence, as well as presents the results of the research into the formation of students' inclusive competence in the information and educational environment of high school, namely the reflexive component.

Key words: inclusion, competence, reflexive component, model, students, information-educational environment, technologies, professional training, university.

Богданова Елена Виталиевна, доцент кафедры теории и методики физического воспитания, и.о. заведующего отделом реабилитации ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный педагогический университет»

E-mail: bogdanova-elena-70@rambler.ru

Bogdanova Yelena Vitaliyevna, dotsent kafedry teorii i metodiki fizicheskogo vospitaniya, i.o. zaveduyushchego otdelom reabilitatsii GOU VO LNR «Luganskiy gosudarstvennyy pedagogicheskiy universitet»

Рецензент: Ротерс Татьяна Тихоновна, доктор педагогических наук, профессор проректор по научно-педагогической работе (научная) ГОУ ВО ЛНР «ЛГПУ».

Статья подана: 25.09.2021

УДК 629.7.036.3-253.5.004.15

ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ СЕРИЙНОСТИ НАНЕСЕНИЯ ЗАЩИТНЫХ НАНОПОКРЫТИЙ НА КОМПРЕССОРНЫЕ ЛОПАТКИ СИЛОВЫХ УСТАНОВОК АВИАЦИОННОЙ И НАЗЕМНОЙ ТЕХНИКИ

Быкадоров В.В., Данилейченко А.А., Любченко Д.И.

WAYS TO SOLVE THE PROBLEMS OF SERIAL APPLICATION PROTECTIVE NANOCOATING ON COMPRESSOR BLADES OF POWER PLANTS OF AVIATION AND GROUND EQUIPMENT

Bykadorov V.V., Danileychenko A.A., Lyubchenko D.I.

В современных условиях эксплуатации газотурбинных двигателей требования повышения эффективности силовых установок авиационной и наземной техники играют ключевую роль. Причем данные требования в равной степени относятся и к техническому обслуживанию как одному из этапов эксплуатации.

В свою очередь, в объеме технического обслуживания капитальный ремонт является наиболее затратным и долговременным. При этом сложности работ при различных объемах ремонта, а также в единичном, мелкосерийном или крупносерийном производствах, могут существенно различаться. Особые проблемы в обработке вызывают однотипные детали, количество которых в изделии насчитывается сотнями и тысячами.

Так, для крупных серийных производств за один промежуток времени обрабатывается по единой технологии большое число однотипных деталей, например, компрессорных лопаток газотурбинных двигателей. И нанесение на них большого числа разнопрофильных слоев высокопрочных защитных нанопокровов требует существенных затрат.

Для снижения в серийном производстве себестоимости их нанесения в статье предложен способ совершенствования технологического процесса увеличения износостойкости лопаток как при изготовлении двигателей, так и при их ремонте.

Статья посвящена вопросам повышения эффективности серийного капитального ремонта газотурбинных двигателей через снижение трудозатрат на нанесение профильных многослойных высокопрочных эрозионностойких защитных покрытий на компрессорные лопатки.

Ключевые слова: газотурбинный двигатель, компрессор, лопатка, нитрид титана, ПЭТ.

Введение. Повышение эффективности силовых установок авиационной и наземной техники достигается, среди прочего, нанесением на быстроизнашиваемые детали высокопрочных защитных нанопокровов. При этом снижение себестоимости подобных работ существенно влияет

на заинтересованность заказчиков в закупке или ремонте техники. Современные методы нанесения защитных нанопокровов достаточно хорошо проработаны [1], технологии получения их различных свойств стабильны и продолжают совершенствоваться [2, 3]. Однако почти все они, как практическим путем установлено и изложено в этой статье, пригодны для исследовательских, опытных и единичных работ и по своей трудоемкости не удовлетворяют задачам серийного производства.

Цель работы. Определить возможности снижения трудозатрат на выполнение подобных работ и предложить методику снижения затрат на нанесение нанопокровов в условиях серийного ремонтного производства.

Предложены материалы и методы, учитывающие требования серийности производственного процесса при среднем и крупном производстве. Материалы, их обработка и применение должны быть максимально дешевыми. Методы должны учитывать минимум трудозатрат (ручной труд, квалификация, сложность, нормы выработки) исполнителей работ.

В статье использован опыт проведения серийного ремонта газотурбинных двигателей (ГТД) и проведен анализ эффективности нанесения на ремонтируемые лопатки компрессоров газотурбинных двигателей ТВ2-117 и ТВ3-117 эрозионностойких высокопрочных нанопокровов на основе нитрида титана TiN и циркониевого нитрида титана TiZrN.

В качестве оптимального для указанных требований материала определены:

- при температурах в ряде технологий нанесения выше 350 °С – металлические экраны, получаемые путем станочной обработки забракованных компрессорных лопаток под необходимый профиль, такие лопатки-экраны должны быть однотипными к лопаткам,

подвергаемым напылению; здесь не должно быть плотного прилегания электрически нейтральной лопатки-экрана к лопатке, подвергаемой напылению, выдерживается диэлектрический зазор;

- при температурах в ряде технологий нанесения не выше 350 °С – термопластик полиэтилентерефталат [4] в жаростойком исполнении, сокращенно ПЭТ (имеются многочисленные аналоги жаростойких пластиков), являющийся диэлектриком, что важно в условиях ионно-плазменного катодно-анодного нанесения нитрид титановых покрытий; здесь допускается прилегание ПЭТ-экрана к лопатке, подвергаемой напылению.

Свойства ПЭТ позволяют создавать защитные экраны для наложения их на заданные поверхностей лопаток. Легкость литья таких экранов из ПЭТ-сырья с последующей их станочной обработкой позволяет при минимальных затратах получать экраны в необходимых количествах и конфигурациях.

Предложенный способ серийного использования указанных ПЭТ-экранов базируется на применении термопластавтоматов и токарно-фрезерного оборудования и предусматривает разъемные экраны – две стыкующихся накладки на лопатку, что существенно снижает трудоемкость работ и сокращает время на подготовительные работы до и после нанесения защитных покрытий. Различные профильные лопатки-экраны или ПЭТ-экраны являются многоразовыми и изготавливаются под всю номенклатуру компрессорных лопаток того или иного ГТД.

Результаты исследования. В качестве результатов исследований предложены и проанализированы сторонние технологии нанесения покрытий различной конфигурации и предложена своя собственная технология создания экранов и их применения.

Так, например, в [5] автор предложения не указывает, каким образом создается требуемая конфигурация слоев нанопокровов на перо лопаток (рис. 1).



Рис. 1. Пример последовательного наложения фигурных нанослоев нитрид титана на перо лопатки компрессора газотурбинного двигателя ТВ3-117

Для опытного, единичного и индивидуального производства возможно ручную нанесение защитных диэлектрических масок, например, из воска, сургуча, что дешево с точки зрения расхода и обработки подобных материалов. Эти методы и материалы оптимальны и при серийных работах на относительно малочисленных деталях, например, при хромировании посадочных мест подшипников, когда не требуется точности и филигранности контуров защищаемых поверхностей.

В случае серийного ремонта компрессорных лопаток, по численности достигающих до тысячи штук различного размера в двигателе ТВ3-117 и нескольких тысяч в наземных энергетических силовых установках, создание конфигурации подобно рис. 1 вручную трудоемко, по времени длительно, с точки зрения снижения себестоимости работ по оплате такого труда и его контроля – недостижимо.

В качестве решения проблемы авторами данного доклада предложен высокоэффективный низкозатратный метод применения защитных экранов многократного использования из забракованных компрессорных лопаток или жаростойкого пластика, когда требуются разовые затраты на их изготовление. Для этого, по примеру рис. 1, изготавливается несколько экранов на лопатку по каждой ступени (по количеству наносимых слоев покрытий).

Применяя жаропрочный пластик, изготовление производится методом горячего литья из ПЭТ-сырья на соответствующем технологическом оборудовании, его внешний вид представлен на рис. 2.



Рис. 2. Пример технологического оборудования по литью ПЭТ-изделий

ПЭТ-экраны изготавливаются и получаются многоразовыми, легкосъемными. Их конфигурация определяется размерами и геометрией лопаток непосредственно во время литья из ПЭТ-сырья. Установлено, что наиболее оптимальным для этого является использование вторичного сырья из переработки ПЭТ-отходов, что еще более удешевляет изготовление подобных защитных экранов.

На рис. 3 поочередно представлены этапы изготовления экрана на одну лопатку.

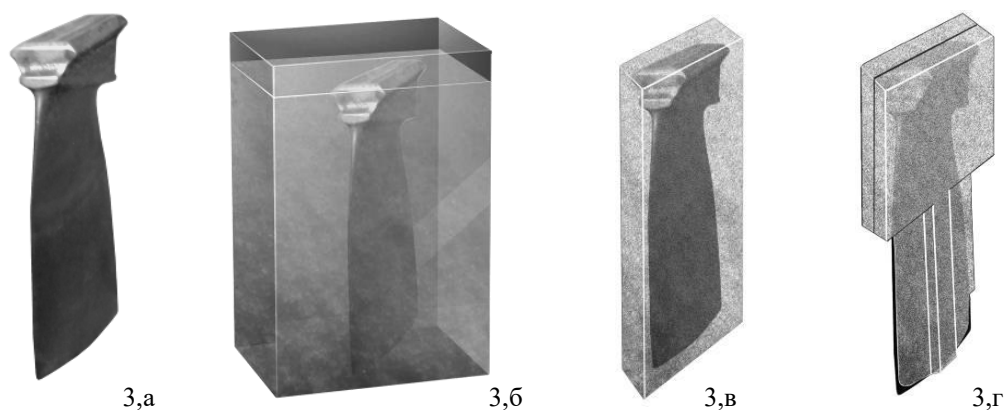


Рис. 3. Пример этапов изготовления одного ПЭТ-экрана на одну лопатку

На рис. 3,а представлен внешний вид лопатки компрессора, на 3,б и 3,в – лопатка в контейнере с ПЭТ-сырьем и после термообработки с удалением излишков пластика. На рис. 3,г представлен окончательный, после станочной обработки, вид разъемного готового ПЭТ-экрана по нанесению ионно-плазменным напылением (осаждением) на

открытое (черная зона) перо лопатки первого слоя нитрид титанового покрытия, который будет являться самым нижним слоем.

На рис. 4 поочередно представлены следующие за рис. 3 этапы наложения группы экранов на эту же лопатку, а также нанесение новых слоев покрытий.

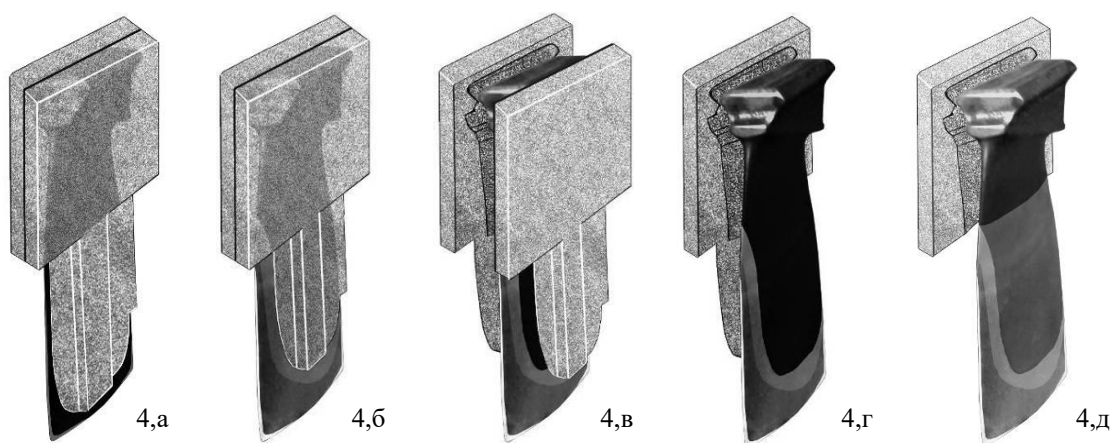


Рис. 4. Пример этапов изготовления группы ПЭТ-экранов на одну лопатку

На рис. 4,а показан второй после 3,г экран. На рис. 4,в...4,д для наглядности изображены половинки следующих по номерам экранов. На рис. 4,д представлен окончательный вид лопатки с несколькими наслаивающимися друг на друга слоями нитрид титанового покрытия, каждое наслаивание условно показано разными цветами.

Для изготовления экранов из забракованных лопаток станочная обработка в требуемый профиль аналогична обработке пластика по рис. 4.

Обсуждение и заключения. Использование соответствующих лопаток-экранов или ПЭТ-экранов первого профиля позволяет за один прием наносить первый слой ионно-плазменного нанопокрyтия на всю номенклатуру компрессорных лопаток. Смена экранов одного профиля на следующий профиль производится вручную легко и быстро, что позволяет за один прием наносить

новый слой нанопокрyтия необходимого профиля сразу на все лопатки двигателя. И так далее.

Экраны многоразового использования. Порядок и последовательность монтажа на лопатки лопаток-экранов или ПЭТ-экранов той или иной конфигурации (с отдельным индивидуальным номером) следует указывать в производственной документации.

Вывод. Представленный метод нанесения на компрессорные лопатки ГТД многослойных профильных нанопокрyтий с использованием лопаток-экранов или ПЭТ-экранов удовлетворяет как серийности производства, так и снижению себестоимости и длительности подобных работ.

Литература

1. Тенденции развития в области эрозияннстойких покрытий (обзор) / Электронный журнал «Труды ВИАМ».

[Электронный ресурс]. URL: http://viam-works.ru/ru/articles?art_id=1335. Дата обращения 04.01.2021 г.

2. Васильев И.П. Использование ионной имплантации в двигателестроении: монография / И.П. Васильев. – Луганск: 2017. – 211 с. Табл. 24. Ил. 109. Библиогр.: 123 назв.

3. Каблов Е.Н. Эрозионностойкие покрытия для лопаток компрессора газотурбинных двигателей / Каблов Е.Н., Мубояджан С.А. // Электрометаллургия. – 15/10/2016. – № 10. – С. 23–38.

4. ПЭТ-сырье. [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Полиэтилентерефталат>. Дата обращения 04.01.2021 г.

5. Михайлов Д.А. Технологическое обеспечение повышения работоспособности лопаток компрессора газотурбинного двигателя на основе функционально ориентированных покрытий: автореферат дис. на канд. техн. наук / Михайлов Д.А. – Донецк. – 2016. [Электронный ресурс] URL: http://donntu.org/sites/default/files/documents/avtoreferat_0.pdf

References

1. Development trends in the field of erosion-resistant coatings (review) / Electronic journal «Proceedings of VIAM». [Electronic resource]. URL: http://viam-works.ru/ru/articles?art_id=1335. Accessed 04.01.2021.

2. Vasiliev I.P. The use of ion implantation in engine construction: a monograph / I.P. Vasiliev. – Lugansk: 2017. – 211 p. Tables 24. Fig. 109. Bibliogr.: 123 titles.

3. Kablov E.N. Erosion-resistant coatings for compressor blades of gas turbine engines / Kablov E.N., Muboyajyan S. A. // Electrometallurgy. – 15/10/2016. – № 10. – pp. 23–38.

4. PET-raw materials. [Electronic resource]. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Polyethylene_terephthalate. Accessed 04.01.2021.

5. Mikhailov D.A. Technological support for improving the efficiency of the compressor blades of a gas turbine engine based on functionally oriented coatings: abstract of dis. on the Candidate of Technical Sciences / Mikhailov D.A. – Donetsk. – 2016. [Electronic resource] URL: http://donntu.org/sites/default/files/documents/avtoreferat_0.pdf.

Bykadorov V.V., Danileychenko A.A., Lyubchenko D.I.

WAYS TO SOLVE THE PROBLEMS OF SERIAL APPLICATION PROTECTIVE NANOCOATING ON COMPRESSOR BLADES OF POWER PLANTS OF AVIATION AND GROUND EQUIPMENT

In modern conditions of operation of gas turbine engines, the requirements for improving the efficiency of power plants of aviation and ground equipment play a key role. At that, these requirements equally apply to maintenance as one of the stages of operation. In turn, in the scope of maintenance, major repairs are the most costly and long-term.

At the same time, the complexity of work with different volumes of repairs, single, small-scale or large-scale, can vary significantly. Special problems in processing are caused by the same type of parts, the number of which in the product is hundreds and thousands. So, for large-scale serial production, a large number of similar parts, for example,

compressor blades of gas turbine engines, are processed using a single technology in one period of time. And the application of a large number of multi-profile layers of high-strength protective nanocoats on them requires significant costs.

To reduce the cost of their application in mass production, the authors of this report propose a method for improving the technological process of increasing the wear resistance of the blades both in the manufacture of engines and during their overhaul.

The article is devoted to the issues of increasing the efficiency of serial overhaul of gas turbine engines by reducing labor costs for applying profile multilayer high-strength erosion-resistant protective coatings on compressor blades.

Key words: gas turbine engine, compressor, blade, titanium nitride, PET.

Быкадоров Вадим Викторович, кандидат технических наук, доцент, директор института транспорта и логистики ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.
E-mail: 311transport@gmail.com

Bykadorov Vadim Viktorovich, candidate of technical sciences, a docent, director of the institute of transport and logistics, SEE HT LPR "Lugansk Vladimir Dahl State University".

Данилейченко Александр Анатольевич, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Двигатели внутреннего сгорания» института транспорта и логистики ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.
E-mail: 280376@rambler.ru

Danileichenko Alexandr Anatolievich, candidate of technical sciences, a docent, head of the department «Internal combustion engines», SEE HT LPR "Lugansk Vladimir Dahl State University".

Любченко Дмитрий Иванович, аспирант по направлению подготовки 23.06.01 Техника и технологии наземного транспорта, старший преподаватель кафедры «Двигатели внутреннего сгорания» института транспорта и логистики ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.
E-mail: vottako@rambler.ru.

Lyubchenko Dmitriy Ivanovich, postgraduate student in the direction of training 06.23.01 Engineering and technologies of land transport, senior lecturer of the department «Internal combustion engines», SEE HT LPR "Lugansk Vladimir Dahl State University".

Рецензент: Киреев Андрей Николаевич, доктор технических наук Института транспорта и логистики, ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля»

Статья подана 10.09.2021

УДК 621.9.048

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ РАЗРУШЕНИЯ ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ КАМЕРЫ-ОБОЛОЧКИ

Волков И.В., Солодовник М.Д., Ясуник С.Н., Кузнецова М.Н.

ANALYSIS OF THE DYNAMICS OF DESTRUCTION OF THE INNER SURFACE OF THE SHELL CHAMBER

Volkov I.V., Solodovnik M.D., Yasunik S.N., Kuznetsova M.N.

В статье рассматривается устройство, рабочая камера которого – это оболочка. Устройство предназначено для воздействия на дисперсные среды. Камера-оболочка имеет реверсивное вращательное движение вокруг оси и колебательное движение вдоль оси. Приведена методология определения критических механико-силовых и термодинамических параметров разрушения камеры-оболочки.

Ключевые слова: камера-оболочка, прочность конструкции, несущая способность, трещины, температурный режим, истирание оболочки, толщина износа, ресурс, разрушение.

Введение. В конструкциях различных машин, в том числе предназначенных для воздействия на дисперсные среды, дробления и измельчения материалов, очистки от загрязнений, смешивания и т.п., в качестве рабочего органа применяются камеры-оболочки. В процессе выполнения функционального назначения такого оборудования происходит хаотическое динамическое взаимодействие между загрузкой камеры-оболочки (сыпучие среды; детали, насыпанные внавал; пищевые смеси; продукция сельскохозяйственного производства и т.п.) и ее внутренней поверхностью (рис. 1). Т.к. оболочка подвергается ударной "атаке-бомбардировке" частицами среды [1, 2], помещенной внутри нее, то уже на макроуровне процесса аналитически прогнозируется усталость и, в конечном счете, её разрушение. В связи с этим становится обязательным вопрос о прочности конструкции и о продолжительности её надёжной эксплуатации.

В качестве характерного примера исследуемого процесса рассмотрим устройство для отделочно-зачистной обработки незакрепленных деталей в среде свободных абразивов [3], рабочая камера которого – это достаточно прочная оболочка радиуса R , вращающаяся с угловой скоростью Ω и имеющая заданное колебательное движение (источник колебаний расположен внизу и имеет возможность реверсивного вращения, в дальнейшем детали приняты за шарики радиуса $r \ll R$) (рис. 1, 2).

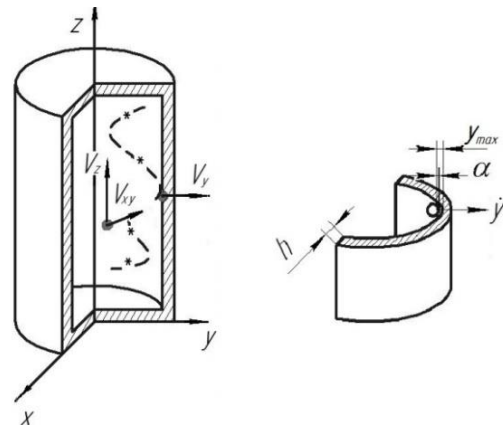


Рис. 1. Фрагменты внутренней кинематики деталей в рабочей камере-оболочке

Можно предположить, что детали под действием сил инерции, "прорываясь" через центральную "пассивную" зону, ускоренно движутся в направлении внутренней поверхности камеры, где благодаря реверсивности электродвигателя вступают в ударное взаимодействие с поверхностью оболочки с пульсирующей скоростью $\bar{v} = \bar{v}_\tau + \bar{v}_n$. Касательная составляющая скорости $\bar{v}_\tau$ является определяющей в смысле проявления кулоновской силы трения скольжения τ и соответствующего истирания и впоследствии разрушения, то есть потери несущей способности оболочки. Нормальная составляющая скорости удара $\bar{v}_n$ связана с определением нормального давления σ_n глубины внедрения и геометрии области контакта. Все эти три величины зависят от силы удара P по степенному закону, а рабочие формулы по их определению приводятся в литературе. Остаётся напомнить, что максимальное касательное напряжение имеет место не в области контакта, а ниже от нее на 0,5 характерного размера поверхности разрушения. По всей видимости, этим объясняется явление подповерхностного послойного (коржового) разрушения, подобного отслоению от наклепа частей внутренней поверхности оболочки.

Местный отсчёт деформации ведется от точки $\varepsilon = r_{\text{упр}}$ внутренней поверхности оболочки вдоль её радиуса, где величина y_{max} соответствует максимальной глубине упругого внедрения детали, что повсеместно принято в теории удара [1, 2] (рис. 2).

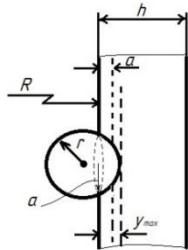


Рис. 2. К определению радиуса контакта $a < r$ и его контура

По известным формулам определим силу удара детали об оболочку [1, 2]

$$P = \beta k \pi \alpha^2, \quad (1)$$

где $\beta \approx 5,5 \div 6,1$ зависит от поверхностных характеристик детали; k – показатель пластичности.

Приведем также одну из эмпирических формул о взаимосвязи силы удара P детали (шара) с упругой деформацией a оболочки, предшествующей пластическому его внедрению

$$P = k \alpha^{3/2}, \quad (2)$$

где

$$k = \frac{2E}{3(1-\mu^2)} \sqrt{\frac{k_1 \cdot k_2}{k_1 + k_2}}, \quad (3)$$

E – модуль упругости; μ – коэффициент Пуассона; $k_1 = \frac{1}{r}$; $k_2 = \frac{1}{R}$ – кривизны детали и внутренней поверхности оболочки соответственно.

В аналогичных примерах ударной тематики подтверждается, что результаты решения с учетом пластичности (1) отличаются от результатов формулы (2) в сторону увеличения в пределах $\approx 20\%$ при равных скоростях соударения. Там же даётся оценка интенсивности изнашивания по величине параметра поврежденности, который обозначается величиной ξ и удовлетворяет уравнению

$$\frac{d\xi}{dt} f(P, \xi) = 0. \quad (4)$$

При этом в области контакта плотность материала оболочки уменьшается по линейному закону

$$\rho = \rho_0 (1 - \xi), \quad (5)$$

что влияет на скорость выноса продуктов изнашивания за пределы области контакта, а численное её значение можно сравнить со

скоростью V_z – вертикальной составляющей вихреобразной скорости V .

В заключение приведем эмпирическую формулу для определения интенсивности отделения микростружки от поверхности деталей и отслоившихся трибологических элементов внутренней поверхности оболочки, зависящей от скорости потока абразивных тел V и угла атаки α , сформировавшегося внутри камеры:

$$\tilde{Q} = 2r \left[\frac{5\pi\rho(1-\mu^2)V^2 \sin^2 \alpha}{4E} \right]^{2/5}. \quad (6)$$

В приведенной формуле все параметры, кроме μ – коэффициента Пуассона материала оболочки, касаются абразивных тел, показанных на рис. 1 звездочками.

В теории разрушения приводится формула для скорости раскрытия микротрещин в виде

$$\frac{dl}{dn} = f(\sigma, p), \quad (7)$$

где l – длина трещины; n – число циклов; p – разрывное усилие; σ – коэффициент интенсивности напряжений.

Опуская промежуточные выкладки, соотношение (7) приводится к разрешающему уравнению для определения числа циклов, ведущих к разрушению внутренней поверхности оболочки и в последующем исчерпанию её несущей способности

$$N = \int_0^{\delta_{\max}} \frac{dl}{C[\sigma \cdot \varphi(p)]^m}, \quad (8)$$

где C – const; $\delta_{\max}$ – критическое раскрытие трещины.

Поскольку в рассматриваемой прикладной физико-технической задаче разрушение от упругого и температурного (менее значительного) факторов являются сравнимыми (разумеется, не по размерности), оценим зависимость разрушения от температурного режима процесса, используя известное уравнение теплопроводности [4]:

$$\frac{d}{dr} \left[\frac{\lambda dT(r)}{dr} \right] = f(r), \quad (9)$$

где $r < R$ определяет геометрию оболочки; T – температура внутри оболочки; f – плотность теплового потока в области контакта; $\lambda_{1,2}$ – коэффициенты теплопроводности оболочки и детали.

Граничными условиями для (9) будут: при $r = 0$ для оболочки в месте контакта

$$T = T_1; \quad (10)$$

при $r = \varepsilon$ для детали

$$T = T_2, \quad (11)$$

где ε – прогнозируемая и допустимая толщина первоначального износа. При этом для теплового потока имеет место соотношение

$$Q = \int_0^{\varepsilon} f(r) dr. \quad (12)$$

В отличие от кулоновского трения абсолютно твердых тел, выражение для силового поля касательных напряжений τ с учетом отслоения и износа частиц материала обработки целесообразно представить в виде, используемом во многих нелинейных процессах [5]. В силу сказанного $f(\sigma)$ возьмем в виде

$$f(\sigma) = [\tau] \left[1 - \exp\left(-\frac{f\sigma_n}{[\tau]}\right) \right], \quad (13)$$

где $0 < f < 1$ – кулоновский коэффициент трения; $[\tau]$ – допустимое касательное напряжение, соответствующее началу текучести и в дальнейшем разрушении материала оболочки в местах контакта, переходящих на всю внутренность оболочки.

В проводимых экспериментальных исследованиях достаточно ограничиться значением

$$\sigma_n \approx \frac{P}{f_{ab}}, \quad (14)$$

где в знаменателе – площадь пятна контакта соприкасаемых поверхностей в данный момент.

Повторимся, что из-за разности твердости внутренней поверхности оболочки и детали истирание детали значительно интенсивнее, чем истирание оболочки.

Обозначим абразивное уменьшение толщины оболочки через $r(t)$, которое оценим формулой

$$r(t) = -\alpha V \int_0^t f(\sigma) d\sigma, \quad (15)$$

где α – коэффициент износостойкости материала.

Известные аналитические методы решения контактных задач дают значимое уточненное значение для σ_n в основном на контуре контакта [5], где в общем-то и начинается существенный процесс истирания оболочки, и тем не менее, в инженерном подходе выражение (14) вполне приемлемо.

Одновременно вследствие трения и выделения тепла Q с учетом (13) и (15) определится недопустимая толщина износа оболочки по формуле

$$y_{max} \leq \alpha V \int_0^{t_{крит.}} f(\sigma) d\sigma, \quad (16)$$

т.е. разрушение оболочки и сьем металла с деталей тем эффективнее, чем больше касательная составляющая относительной скорости V_{τ} . Верхний предел интеграла в (16) определяется по методике [1, 2, 5] как временного ($t_{крит.}$ – продолжительность разрушения) теплового критерия разрушения.

Обычно режиму истирания соответствуют $T_1 > T_2$, а кривая $T(r)$ (рис. 3) состоит из участков экспоненциального характера, контрольные точки которой определяются экспериментально. Для стальных эпилора температурного состояния показана справа для оболочки, слева – для детали.

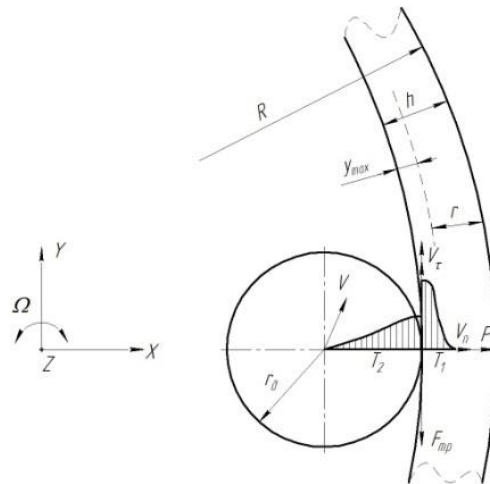


Рис. 3. Кривая изменения температуры в разрушающихся внутренней поверхности оболочки и детали

Выводы. В статье приведена методология определения критических механико-силовых и термодинамических параметров разрушения камеры-оболочки устройства. Обоснована динамика допредельного разрушения внутренней поверхности оболочки с позиции ударно-силового и температурного факторов с учетом многоразовой загрузки-разгрузки камеры для возможности проведения расчётного ресурса работы устройства.

Л и т е р а т у р а

1. Кильчевский Н.А. Теория соударения твердых тел. – К.: Наукова думка, 1969. – 246 с.
2. Кильчевский Н.А. Динамическое контактное сжатие твердых тел. Удар. – К.: Наукова думка, 1976. – 320 с.
3. Тамаркин В.А. Азацева А.И. Теоретические основы оптимизации процессов обработки деталей свободными абразивами // Вестник машиностроения. – 2002. – №6. – С. 50-54.
4. Коваленко А.Д. Основы термоупругости. – К.: Наукова думка, 1970. – 308 с.
5. Александров В.М. Чебаков М.И. Введение в механику контактных взаимодействий. – Москва, Ростов-на-Дону, 2007. – 114 с.

R e f e r e n c e s

1. Kilchevsky N.A. Theory of collision of solids. – K.: Naukova dumka, 1969. – 246 p.
2. Kilchevsky N.A. Dynamic contact compression of solids. – K.: Naukova dumka, 1976. – 320 p.
3. Tamarkin V.A. Azatseva A.I. Theoretical foundations of optimization of machining processes with free abrasives // Vestnik mashinostroeniya. – 2002. – No. 6. – pp. 50-54.
4. Kovalenko A.D. Fundamentals of thermoelasticity. – K.: Naukova dumka, 1970. – 308 p.

5. Alexandrov V.M. Chebakov M.I. Introduction to the mechanics of contact interactions. – Moscow, Rostov-on-Don, 2007. – 114 p.

Volkov I.V., Solodovnik M.D., Yasunik S.N., Kuznetsova M.N.

ANALYSIS OF THE DYNAMICS OF DESTRUCTION OF THE INNER SURFACE OF THE SHELL CHAMBER

The article discusses a device whose working chamber is a shell. The device is designed to affect dispersed media. The shell chamber has a reversible rotational motion around the axis and an oscillatory motion along the axis. The methodology for determining the critical mechanical-force and thermodynamic parameters of the destruction of the shell chamber is given.

Key words: chamber-shell, structural strength, bearing capacity, cracks, temperature conditions, shell abrasion, wear thickness, resource, destruction.

Волков Игорь Владимирович, к.т.н., доц., доцент кафедры технологии машиностроения и инженерного консалтинга ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.
E-mail: volnaana@mail.ru

Volkov Igor Vladimirovich, Candidate of Technical sciences, associate professor, associate professor of the department of engineering technology and engineering consulting at the SEE HT LPR "Lugansk Vladimir Dahl State University".

Солодовник Михаил Дмитриевич, к.ф.-м.н., доц., доцент кафедры технологии машиностроения и инженерного консалтинга ГОУ ВО ЛНР «Луганский

государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

Solodovnik Mikhail, Candidate of Physical and Mathematical sciences, associate professor, associate professor of the department of engineering technology and engineering consulting at the SEE HT LPR "Lugansk Vladimir Dahl State University".

Ясуник Светлана Николаевна, к.т.н., доц., доцент кафедры технологии машиностроения и инженерного консалтинга ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.
E-mail: jsn7628620@mail.ru

Yasunik Svetlana, Candidate of Technical sciences, associate professor, associate professor of the department of engineering technology and engineering consulting at SEE HT LPR "Lugansk Vladimir Dahl State University".

Кузнецова Марина Николаевна, старший преподаватель кафедры технологии машиностроения и инженерного консалтинга ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.
E-mail: kuz_mari@rambler.ru

Kuznetsova Marina, senior lecturer of the department of engineering technology and engineering consulting at the SEE HT LPR "Lugansk Vladimir Dahl State University".

Рецензент: Витренко Владимир Алексеевич, д.т.н., проф. ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

Статья подана 10.09.2021

УДК 378.016:81'243

ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ НЕЯЗЫКОВЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ НА ОСНОВЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ ТЕКСТОВ

Гребеник И.А.

FEATURES OF TRAINING STUDENTS OF NON-LINGUISTIC SPECIALTIES ON THE BASIS OF PROFESSIONALLY ORIENTED TEXTS

Grebenik I.A.

В данной статье был изучен и проанализирован вопрос подготовки студентов неязыковых специальностей на основе профессионально-ориентированных текстов. Одним из главных принципов при обучении профессионально-направленному иностранному языку заключается в его непосредственной интеграции с профильными предметами, с целью дальнейшего формирования профессионально значимых качеств личности и получения дополнительных профессиональных знаний, умений и навыков. В данном случае иностранный язык выступает в качестве средства личностно-профессионального развития обучающихся и повышения профессиональной компетентности, а также выступает необходимым условием эффективной профессиональной деятельности будущего специалиста. Таким образом, использование оригинальных профессионально-ориентированных текстов на всех этапах обучения иностранному языку в техническом университете в значительной мере оправданно; выступает как условие профессиональной подготовки будущих квалифицированных работников, востребованных в самых разных областях профессиональной деятельности.

Ключевые слова: неязыковая специальность, профессионально-ориентированный текст, коммуникативная компетенция, формирование знаний и навыков, межкультурное речевое взаимодействие.

В современное время преобладает тенденция активного международного сотрудничества в различных сферах науки, культуры и профессиональной деятельности, наряду с интеграцией стран в мировое образовательное пространство, что в свою очередь, требует от выпускников высших учебных заведений достаточно высокого уровня владения иностранными языками. С целью повышения конкурентоспособности и востребованности на рынке труда, современный специалист должен уметь выстраивать устное и письменное речевое взаимодействие на иностранном языке в различных ситуациях трудовой деятельности, что позволит ему

стать полноправным участником межкультурной иноязычной коммуникации в мировом сообществе.

Целью данной статьи является изучение и анализ особенностей подготовки студентов неязыковых специальностей на основе профессионально-ориентированных текстов.

Исследованиям теории профессионально-ориентированного преподавания и обучения иностранного языка для неязыковых направлений подготовки посвящены работы А.А. Дашковской, Е.В. Рожиной, П.А. Сидоренко, Л.В. Макара, М.В. Ляховицкого, Е.А. Шатурной и др. Исследованиям проблемы использования аутентичных профессионально-ориентированных текстов и материалов в методике преподавания иностранного языка посвящены работы многих отечественных методистов и лингвистов: Г.И. Бубновой, Н.Д. Гальсковой, О.Ю. Ивановой, О.Б. Соловьевой, С.К. Фоломкиной, Н.Л. Ушаковой и др.

На сегодняшний день, одним из важных показателей степени общей образованности современного человека является владение иностранным языком. Формирование умений письменного (чтение, письмо) и устного (говорение, аудирование) иноязычного речевого взаимодействия является главной практической целью обучения иностранному языку на неязыковых направлениях подготовки вуза. В то время как под образовательной целью следует понимать – повышение уровня образованности и общей культуры, расширение кругозора, совершенствование культуры речи, общения и мышления. В качестве главного обязательного компонента профессиональной подготовки выпускника на неязыковых специальностях является изучение иностранного языка, который по праву входит в базовую часть современных рабочих программ учебных дисциплин.

Согласно исследованиям П.А. Сидоренко, при обучении студентов неязыковых направлений подготовки вуза устному и письменному

профессионально-ориентированному речевому взаимодействию предлагается применять и использовать в образовательном процессе профессионально-направленные тексты наряду с коммуникативными упражнениями. Формирование знаний, умений и навыков профессионального монологического и диалогического речевого взаимодействия студентов неязыковых специальностей следует осуществляться на основе определенных и запланированных учебных ситуациях профессионального общения, в значительной мере приближенных к реальным ситуациям будущей трудовой деятельности [10]. Как полагает А.А. Дашковская, профессионально-ориентированное обучение студентов неязыковых направлений подготовки следует реализовываться также с учетом специализированных дисциплин. Таким образом, с целью практической и наглядной демонстрации в образовательном процессе реальной значимости полученных знаний, навыков и умений для решения профессиональных и трудовых задач, достаточно важно основывать процесс обучения иностранным языкам с учетом знаний по профессионально-направленным дисциплинам [2].

Как отмечает в своих научных работах Л.В. Макара, под профессионально-ориентированным общением, следует рассматривать особую разновидность речевого взаимодействия, которое ориентировано главным образом на взаимный и равноценный обмен профессионально-значимой информацией (подлежащей воспроизведению и/или хранению) при этом в непосредственном процессе взаимодействия важным фактором является взаимопонимание между партнерами по профессионально-предметному общению, т.е. представителями различных сфер трудовой и профессиональной деятельности [4].

Как полагает в своих исследованиях Е.В. Рощина, формирование профессионально значимой направленности будущего специалиста может в полной мере осуществляться средствами иностранного языка, таким образом, при изучении профессионально-ориентированного языкового материала актуализируется двусторонняя связь между мотивацией обучающегося приобрести профессионально-предметные знания, навыки, умения и успешностью овладения языком. В таком случае, иностранный язык выступает в качестве эффективного средства социальной, профессиональной и трудовой ориентации в неязыковом вузе. По мнению автора, для планомерной реализации данного потенциала крайне важно соблюдать следующие условия: понятно и четко сформулировать предстоящие цели речевой деятельности в учебном процессе; учитывать социальную и профессионально-ориентированную направленность коммуникативной деятельности; формирование умений и навыков творчески подходить к решению

частных задач; благоприятный психологический климат в учебном коллективе [9].

Так, свою очередь, Е.А. Шатурная подчеркивает, что для формирования и развития профессиональных компетенций будущего специалиста в процессе иноязычной профессионально-ориентированной подготовки будет в значительной мере эффективнее при соблюдении следующих условий: реализация процесса обучения на основе компетентностного подхода; согласно ситуативно-тематической основы будет осуществляться отбор содержания обучения профессиональному иноязычному речевому взаимодействию; если в качестве средства обучения будут использованы оригинальные и аутентичные тексты и материалы, отобранные с учетом принципов обучения профессионально-ориентированному иноязычному общению и методических, лингвистических, культурологических параметров; если реализация образовательного процесса будет осуществляться на основе специализированной методики, которая предполагает активное использование комплекса упражнений, приемов и методов, направленных на формирование профессиональных компетенций будущего специалиста при обучении профессионально-ориентированному иноязычному речевому взаимодействию данной категории обучающихся [13].

Согласно научно-педагогической и методической литературы, М.В. Ляховицкий оказал значительный вклад в исследование и разработку теории профессионально-ориентированного преподавания и обучения иностранного языка, вместе с тем, сформулировал принцип профессионально-специализированной направленности учебного материала при обучении иностранному языку в техническом высшем учебном заведении. Автор выделял следующие характерные условия при учете особенностей профилирующих направлений подготовки: изучение профильно-направленных тем для развития письменного и устного речевого взаимодействия; работа над профессионально-ориентированными текстами и аутентичными материалами; изучение словаря-минимума по определенно-заданному направлению подготовки; создание высшим учебным заведением учебных пособий для актуализации лексического и грамматического материала обучающихся [3]. По результатам исследований О.Г. Полякова, под профессионально-ориентированным обучением следует понимать: форму образовательного процесса, сформированную с учетом целей, задач и потребностей обучающихся в овладении и изучении иностранного языка, исходящими из специфики и особенностей будущей профессии и требующие его практического изучения [8, с.6].

Следует отметить, что основополагающим принципом при обучении профессионально-

ориентированному иностранному языку заключается в его непосредственной интеграции с профильными дисциплинами, с целью дальнейшего формирования профессионально значимых качеств личности и получения дополнительных профессиональных знаний, умений и навыков. Предполагается, что в образовательном процессе идет непосредственное сочетание овладения профессионально-ориентированным иностранным языком с развитием личностных качеств обучающихся; знанием социокультурной специфики страны изучаемого языка и приобретением специальных навыков и умений, основанных на профессиональных и лингвистических знаниях. В данном случае иностранный язык выступает в качестве средства личностно-профессионального развития обучающихся и повышения профессиональной компетентности, наряду с тем выступает необходимым условием эффективной профессиональной деятельности будущего специалиста – выпускника современного высшего учебного заведения [6].

Необходимо подчеркнуть, что достижение уровня, достаточного для практического использования иностранного языка в будущей профессионально-трудовой деятельности является главной целью обучения иностранным языкам в неязыковых высших учебных заведениях. Согласно научным исследованиям Н.Д. Гальсковой, в содержание обучения иностранному языку следует включать: 1) речевой материал и речевые действия, сферы коммуникативного взаимодействия, темы и ситуации, учитывающие профессиональную специфику обучающихся; 2) лингвистический материал (фонетический, лексический, грамматический), умения и навыки применения и правила его оформления; 3) определенный набор специализированных (речевых) навыков, определяющих непосредственный уровень практического овладения иностранным языком как средством речевого взаимодействия; 4) систему знаний национально-культурной специфики, реалий и особенностей страны изучаемого языка [1].

В процессе обучения иностранному языку студентов неязыковых направлений подготовки в техническом вузе, имеет необходимость отметить преимущества эффективного применения профессионально-ориентированных текстов и материалов, которые находят свое отражение в создании научно-технической, промышленной и лингвистической осведомленности о стране изучаемого языка и представлении социокультурного компонента; в отображении реальной языковой ситуации; в акцентировании на языковом восприятии. «Аутентичность», с точки зрения современной научной и методической литературы по обучению иностранным языкам имеет значение оригинальности и подлинности речевого и языкового материала, которая обеспечивает осуществление речевого

взаимодействия в естественных условиях повседневной и трудовой жизни. Профессионально-ориентированный текст может быть активно применен и использован как материал для чтения и одновременно как средство обучения другим видам речевой деятельности, например, письменной и устной речи. Как полагает в своих научных работах И.В. Нужа, выборка оригинальных, аутентичных текстов и материалов в качестве основополагающего метода и средства обучения должен осуществляться согласно следующим критериям: доступности для языкового уровня обучаемых; соответствия профиля подготовки студентов и уровню их знаний в профессиональной сфере; насыщенности терминологической лексикой по специальности; коммуникативной направленности, методической информативности и способности учебного материала выступать в качестве основы для создания новых письменных текстов [5].

Как отмечает Н.Л. Ушакова, оригинальный текст, который был создан носителями изучаемого языка, выступает в качестве части письменной и устной информации, которая адресуется носителям данного языка и культуры, в контексте его применения в процессе обучения иностранному языку направлен на учет этапа, условий и цели обучения данному языку [12]. По мнению Е.Н. Солововой, с повышением уровня коммуникативной компетенции обучающихся, расширяется и спектр аутентичных текстов, приемлемых для применения в образовательных и развивающих целях. Данные тексты становятся все более доступными благодаря расширению международных контактов и развитию инновационных технологий» [11, с.156]. Тем не менее, следует критически подходить к осмысливанию прочитанного при работе с оригинальными, аутентичными профессионально-ориентированными текстами. В своих работах Е.И. Пассов подчеркивает, что на практических занятиях по иностранному языку в вузе следует придерживаться основ речевой направленности и активно применять коммуникативно-ориентированный речевой материал, т.е. материал, который соответствует материалу, используемому в профессионально-трудовых сферах реального речевого взаимодействия» [7].

Таким образом, на основании проведенного нами анализа научно-исследовательской, научно-педагогической и методической литературы, мы пришли к выводу, что одним из главных принципов при обучении профессионально-направленному иностранному языку заключается в его непосредственной интеграции с профильными предметами, с целью дальнейшего формирования профессионально значимых качеств личности и получения дополнительных профессиональных знаний, умений и навыков. В данном случае иностранный язык выступает в качестве средства личностно-профессионального развития

обучающихся и повышения профессиональной компетентности, а также выступает необходимым условием эффективной профессиональной деятельности будущего специалиста. Следует отметить, что в учебных целях необходимо использовать профессионально-ориентированные тексты и материалы для достижения эффективных результатов в обучении студентов неязыковых специальностей, с целью максимально приблизить учебный процесс к реальной профессиональной ситуации. Таким образом, использование оригинальных профессионально-ориентированных текстов на всех этапах обучения иностранному языку в техническом университете в значительной мере оправданно; выступает как условие профессиональной подготовки будущих квалифицированных работников, востребованных в самых разных областях профессиональной деятельности.

Л и т е р а т у р а

1. Гальскова Н.Д. Современная методика обучения иностранному языку: Пособие для учителя. – М.: АРКТИ-Глосса, 2000. – с.165.
2. Дашковская А.А. Обучение профессионально-ориентированному общению студентов по специальности «маркетинг» на основе рекламных материалов: автореферат диссертации ... кандидата педагогических наук: 13.00.02 // А.А. Дашковская. – Томск, 2005.
3. Ляховицкий М.В. О некоторых базисных категориях методики обучения иностранным языкам: Хрестоматия / Сост. Леонтьев А.А. – М., Рус. яз., 1991. – 360 с.
4. Макара Л.В. Обучение профессионально-ориентированному общению на английском языке студентов неязыкового вуза: дис. ... канд. пед. наук. СПб., 2000. 257 с.
5. Нужа И.В. Обучение иноязычной профессионально-ориентированной письменной речи студентов социологических факультетов (на материале английского языка): автореферат диссертации ... кандидата педагогических наук: 13.00.02 // И.В. Нужа. – Санкт-Петербург, 2010.
6. Образцов П.И., Иванова О.Ю. Профессионально-ориентированное обучение иностранному языку на неязыковых факультетах вузов. – Орел: ОГУ, 2005.
7. Пассов Е.И., Кузовлева Н.Е., Урок иностранного языка // Е.И. Пассов, Н.Е. Кузовлева. – Ростов-на-Дону.: Феникс; М.: Глосса-Пресс, 2010. с. 89-298.
8. Поляков О.Г. Профильно-ориентированное обучение английскому языку и лингвистические факторы, влияющие на проектирование курса // Иностранные языки в школе. 2004. № 2. С. 6-11.
9. Рощина Е.В. Функции иностранного языка как учебного предмета в системе обучения в университете / Е.В. Рощина // Иностранные языки на неспециальных факультетах: межвуз. сб. Л.: Изд-во Ленингр. университета.
10. Сидоренко П.А. Методика обучения студентов технического вуза монологической речи на английском языке в ситуациях профессионально-ориентированного общения: диссертация ... кандидата педагогических наук: 13.00.02 // П.А. Сидоренко. – Санкт-Петербург, 2003. – 243 с.

11. Соловова Е.Н. Методика обучения иностранным языкам: Базовый курс лекций: пособие для студентов педагогических вузов и учителей // Е.Н. Соловова. – 2-е изд. – М.: Просвещение, 2003. с. 34-163.

12. Ушакова Н.Л. Формирование межкультурной компетенции студентов языкового вуза на основе аутентичных текстов (шведский язык как второй иностранный). Авторефер. дис. ... канд. пед. наук., Санкт-Петербург, 2010.

13. Шатурная Е.А. Методика обучения устному иноязычному профессиональному дискурсу средствами учебно-речевых ситуаций и ролевых игр: английский язык, неязыковой вуз (специальность 080504 Государственное и муниципальное управление): Автореф. дис. ... канд. пед. наук. Тамбов. 2009.

References

1. Gal'skova N.D. Sovremennaja metodika obuchenija inostrannomu jazyku: Posobie dlja uchitelja. – M: ARKTI-Glossa, 2000. – s.165.
2. Dashkovskaja A.A. Obuchenie professional'no-orientirovannomu obshheniju studentov po special'nosti «marketing» na osnove reklamnyh materialov: avtoreferat dissertacii ... kandidata pedagogicheskikh nauk: 13.00.02 // A.A. Dashkovskaja. – Tomsk, 2005.
3. Ljahovickij M.V. O nekotoryh bazisnyh kategorijah metodiki obuchenija inostrannym jazykam: Hrestomatija / Sost. Leont'ev A.A. – M., Rus. jaz., 1991. – 360 s.
4. Makar L.V. Obuchenie professional'no-orientirovannomu obshheniju na anglijskom jazyke studentov nejazykovogo vuza: dis. ... kand. ped. nauk. SPb., 2000. 257 s.
5. Nuzha I.V. Obuchenie inozjazychnoj professional'no-orientirovannoj pis'mennoj rechi studentov sociologicheskikh fakul'tetov (na materiale anglijskogo jazyka): avtoreferat dissertacii ... kandidata pedagogicheskikh nauk: 13.00.02 // I.V. Nuzha. – Sankt-Peterburg, 2010.
6. Obrazcov P.I., Ivanova O.Ju. Professional'no-orientirovannoe obuchenie inostrannomu jazyku na nejazykovykh fakul'tetah vuzov. – Orel: OGU, 2005.
7. Passov E.I., Kuzovleva N.E., Urok inostrannogo jazyka // E.I. Passov, N.E. Kuzovleva. – Rostov-na-Donu.: Feniks; M.: Glossa-Press, 2010. s. 89-298.
8. Poljakov O.G. Profil'no-orientirovannoe obuchenie anglijskomu jazyku i lingvisticheskie faktory, vlijajushhie na proektirovanie kursa // Inostrannye jazyki v shcole. 2004. № 2. S. 6-11.
9. Roshhina E.V. Funkcii inostrannogo jazyka kak uchebnogo predmeta v sisteme obuchenija v universitete / E.V. Roshhina // Inostrannye jazyki na nespecial'nykh fakul'tetah: mezhvuz. sb. L.: Izd-vo Leningr. universiteta.
10. Sidorenko P.A. Metodika obuchenija studentov tehničeskogo vuza monologičeskoj rechi na anglijskom jazyke v situacijah professional'no-orientirovannogo obshhenija: dissertacija ... kandidata pedagogicheskikh nauk: 13.00.02 // P.A. Sidorenko. – Sankt-Peterburg, 2003. – 243 s.
11. Solovova E.N. Metodika obuchenija inostrannym jazykam: Bazovyj kurs lekcij: posobie dlja studentov pedagogicheskikh vuzov i uchitelej // E.N. Solovova. – 2-e izd. – M.: Prosveshhenie, 2003. s. 34-163.
12. Ushakova N.L. Formirovanie mezhkul'turnoj kompetencii studentov jazykovogo vuza na osnove autentichnyh tekstov (shvedskij jazyk kak vtoroj inostrannyj). Avtorefer. dis. ... kand. ped. nauk., Sankt-Peterburg, 2010.
13. Shaturmaja E.A. Metodika obuchenija ustnomu inozjazychnomu professional'nomu diskursu sredstvami uchebno-rečevykh situacij i rolevykh igr: anglijskij jazyk,

nejazykovej vuz (special'nost' 080504 Gosudarstvennoe i municipal'noe upravlenie): Avtoref. dis...kand. ped. nauk. Tambov, 2009.

Grebenik I.A.

FEATURES OF TRAINING STUDENTS OF NON-LINGUISTIC SPECIALTIES ON THE BASIS OF PROFESSIONALLY ORIENTED TEXTS

The issue of training students of non-linguistic specialties on the basis of professionally oriented texts has been studied and analyzed in the article. One of the main principles in teaching a professionally oriented foreign language is its direct integration with specialized subjects, in order to further form professionally significant personality traits and obtain additional professional knowledge, skills and abilities. In this case, a foreign language acts as a means of personal and professional development of students and an increase in professional competence, and also acts as a necessary condition for the effective professional activity of a future specialist. Thus, the use of original professionally oriented texts at all stages of teaching a foreign language at a technical university is largely justified; acts as a condition for the professional training of future qualified workers in demand in various areas of professional activity.

Key words: *non-linguistic specialty, professionally oriented text, communicative competence, knowledge and skills formation, intercultural speech interaction.*

Гребеник Игорь Анатольевич, аспирант 2 года обучения ГОУ ВО ЛНР «ЛГПУ», направления подготовки 44.06.01 «Образование и педагогические науки», профиль подготовки «Теория и методика профессионального образования», старший преподаватель кафедры иностранных языков, ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля» (г. Луганск, ЛНР).

Grebenik Igor Anatolyevich, post-graduate student of the Department of Pedagogy, SEE HT LPR "Lugansk State Pedagogical University", areas of training 44.06.01 "Education and pedagogical sciences", training profile "Theory and methods of vocational education", senior lecturer of the Department of Foreign Languages, SEE HT LPR "Lugansk Vladimir Dahl State University".

Рецензент: Ротерс Татьяна Тихоновна, доктор педагогических наук, профессор проректор по научно-педагогической работе (научная) ГОУ ВО ЛНР «ЛГПУ».

Статья подана 10.09.2021

УДК 347.771

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ВЕТРОВОЙ ТУРБИНЫ

Калюжный В.В.

OPTIMIZATION OF WIND TURBINE PARAMETERS

Kaluizhnyy V.V.

Экспериментально исследовано влияние количество лопастей на скорость вращения ветряной турбины. Установлено, что полное перекрытие лопастями площади, ометаемой ветроколесом, обеспечивает максимальную скорость вращения турбины. Отмечено, что центральная часть ветровой турбины обычно не используется. Экспериментально доказано, что изменяя направление воздушного потока, можно добиться эффективного использования центральной части ветроколеса. Оптимизированы заглушки и использованы пустотелые лопасти для продувки их ветровым потоком с целью увеличения скорости вращения ветроколеса.

Ключевые слова: ветроэнергетика, конструкция ветроколеса, эксперимент, лопасти, центр ветроколеса, продувка лопастей, конфузор, оптимизация, результаты исследований.

Вопросы теплоснабжения социальных и промышленных объектов различного назначения всегда остаются в центре внимания энергетиков. И прежде всего перед ними стоит задача обогрева помещений (в летний период стоит задача кондиционирования воздуха, которое также требует определенного вида энергетических затрат) с использованием максимально эффективного, с точки зрения, сложности конструкции обогревателей, обслуживания и экономичности энергетических установок, а главное, используемый тип энергоносителя.

Традиционно в настоящее время используется для обогрева жилых помещений электроэнергия, получаемая из гидроресурсов, природный газ и твердое топливо, преобразуемое в тепло при сжигании на ГРЭСах и котельных, что, и с этим нельзя не согласиться, приводит к загрязнению окружающей среды, необходимости иметь в запасе энергоноситель, что составляет определенные неудобства.

Но мы определились, что будем использовать для этих целей (теплоснабжения) ветроэнергетические установки с осью вращения ветроколеса, направленной против воздушного потока – крыльчатые ВЭУ, как максимально использующие энергию воздушного потока. Их конструкции и размеры многообразны, в патентной

базе насчитывается более 9300 патентов. Нами предлагается применять для индивидуального использования ветроэнергетические установки небольших размеров, поэтому важно получить как можно большую мощность. Известно, что чем больше лопастей в ветроколесе, тем больше мощность установки, хотя это и снижает быстроходность ветроколеса. Наша задача получить установку максимальной мощности, не обращая внимания на количество лопастей.

Поэтому целью работы является создание ветроэнергетической установки индивидуального пользования для обеспечения жилого помещения теплом в отопительный период. Но начнем с того, что определим влияние количества лопастей на скорость вращения ветроколеса. По нашему мнению, для получения максимальной эффективности преобразования ветровой энергии, необходимо максимально перекрыть лопастями площадь, ометаемую ветроколесом. Понятно, что коэффициент использования энергии ветра зависит от скорости его вращения. Чем она выше, тем меньше необходимо передаточное число повышающего редуктора, который кинематически связан с электрогенератором. Но не обязательно для обогрева использовать стандартный электрогенератор, в арсенале изобретателей имеется достаточно и других средств, преобразующих энергию набегающего ветрового потока. Но об этом позже.

Для экспериментальной проверки влияния количества лопастей на скорость вращения ветроколеса была изготовлена турбина с пустотелыми лопастями аэродинамического профиля (рис. 1).

Разумеется, профиль лопастей влияет на скорость вращения ветроколеса, но незначительно, поскольку для ветроэнергетических установок используются, преимущественно, слабые ветровые потоки (не такие мощные, как в авиации, где воздушный винт является принудительно тянущим, а не воспринимающим свободно воздушный поток). Испытания модели турбины производились в аэродинамической трубе, которая имела диаметр 295 мм. Внешний вид лабораторной установки

представлен на рис. 2. Для создания ветрового потока в аэродинамической трубе использовался центробежный вентилятор модели ВЦ-4-75 ТУ22-5933-75, частота вращения 2730 мин^{-1} . Для измерения скорости ветрового потока использовался анемометр, работающий в диапазоне скоростей ветра $2 - 30 \text{ м/с}$.



Рис. 1. Внешний вид экспериментальной ветровой турбины

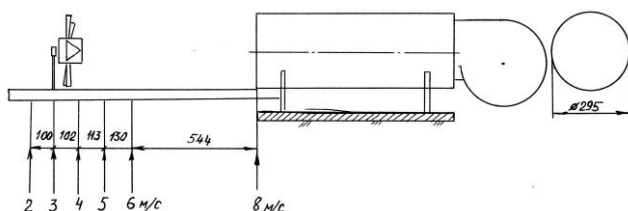


Рис. 2. Схема экспериментальной установки

При изготовлении аэродинамической трубы выяснилось, что на выходе из трубы истекающий поток воздуха неравномерен, а такой как это показано на рис. 3. Следовательно, скорость ветра в 7 м/с не соответствует реальной. Считая, что ротор пустотелый, по секторам скорость ветра распределена следующим образом (измерения скорости ветра проводилось с помощью чашечного анемометра):

- I сектор – $V_{\text{сред.}} = 9 \text{ м/с}$;
- II сектор – $V_{\text{сред.}} = 7,5 \text{ м/с}$;
- III сектор – $V_{\text{сред.}} = 7 \text{ м/с}$;
- IV сектор – $V_{\text{сред.}} = 10 \text{ м/с}$.

Тогда давление ветра на площадь, ометаемую лопастями ветроколеса, можно принять как среднеарифметическую:

$$V = (9 + 7,5 + 7 + 10) \approx 8 \text{ м/с}. \quad (1)$$

Эту скорость ветра будем принимать в дальнейшем.

Количество лопастей в турбине увеличивалось в 2 раза, начиная с двух лопастей и заканчивая 16 лопастями, то есть когда они перекрывали

полностью площадь, ометаемую ветроколесом. Для измерения угловой скорости вращения турбины использовался велосипедный счетчик оборотов (электромагнитный счетчик на больших оборотах вращения не успевает срабатывать).

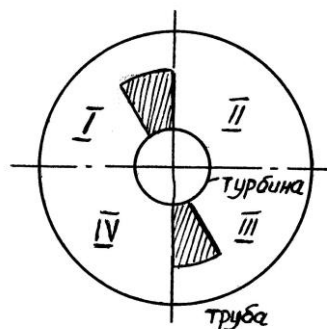


Рис. 3. Сечение аэродинамической трубы

Описание эксперимента. Скорость вращения колеса, засекалось время по цифровому секундомеру и, отмечался период, когда показания велосипедного счетчика изменялось на 10 единиц, что соответствовало 450 оборотам турбины. После каждого перемещения турбины на новую позицию, выдерживалась пауза в 30 сек, для установления стабильного режима вращения турбины (время давалось для разгона турбины). Опыт на каждой позиции повторялся 5 раз. Установлено, что на позиции, соответствующей 8 м/с , вероятно из-за дисбаланса турбины (изготовлена ручным способом) наблюдается вибрация исследуемой турбины (вероятно, турбина из-за дисбаланса входит в резонанс). В опыте участвовало 2 человека, первый из которых фиксировал время и осуществлял запись показаний, второй – наблюдал за счетчиком. В случае сбоя или помех, этот фрагмент опыта дублировался.

Очень важно оценить погрешность измерений в эксперименте. Опыты повторялись 5 раз. Среднеарифметическую величину скорости вращения турбины по 5-ти измерениям определяли по формуле:

$$a_{cp} = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_5}{5} \quad (2)$$

Случайные отклонения от средней величины:

$$p_1 = a_1 - a_{cp}; p_2 = a_2 - a_{cp}; \dots p_5 = a_5 - a_{cp}. \quad (3)$$

Среднеарифметическая величина отклонений:

$$p_{cp} = \frac{p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p_5}{5} \quad (4)$$

Погрешность измерений:

$$\Delta = \frac{p_{cp}}{a_{cp}} \quad (5)$$

Средняя погрешность измерений в эксперименте в целом:

$$\Delta_{cp} = \frac{\Delta_2 + \Delta_3 + \Delta_4 + \Delta_5 + \Delta_8}{6} \quad (6)$$

где $\Delta_2, \Delta_3, \Delta_4, \Delta_5, \Delta_6, \Delta_8$ – средние погрешности измерений при скоростях ветра 2, 3, 4, 5, 6 и 8 м/с.

Таким образом, погрешность измерений скорости вращения ветровой турбины во всем эксперименте составила:

$$\Delta_{cp} = 1,96 \%. \quad (7)$$

Анализ результатов эксперимента (представлены на рис. 4). Количество лопастей ветроколеса действительно повышает скорость его вращения и достигает максимума, когда площадь, ометаемая ветроколесом, полностью перекрыта. Однако более существенно на скорость вращения ветроколеса оказывает скорость набегающего ветрового потока. Эта зависимость изменяется по экспоненциальному закону, в то время как количество лопастей изменяет скорость вращения ветроколеса менее заметно. При максимальном количестве лопастей и ветре в 8 м/сек, скорость вращения достигла почти 600 об/мин.

При скорости ветра в 2 м/сек, скорость вращения экспериментального ветроколеса составила менее чем 340 об/мин, то есть увеличение скорости ветра в 4 раза, дало прирост скорости вращения ветроколеса, увеличилась примерно в два раза. Причем на малых скоростях ветра, скорость вращения ветроколеса увеличивалась умеренно, а дальнейшее увеличение скорости ветра, более интенсивно увеличивало скорость вращения ветровой турбины.

Поэтому главным является скорость ветра, следовательно, необходимо тщательно относиться к выбору места установки. Конечно, в индивидуальном хозяйстве, территория крайне ограничена для выбора места размещения ветроэнергетической установки. Но не следует забывать, что в приземных слоях формируются, в основном, «рыскающие» ветровые потоки, но поднятие ветроколеса над землей на мачте позволяет меньше ощущать влияние «рыскающих» ветровых потоков. Если это сделать сложно, то надо на своем участке найти место, где ветер всегда существует (даже при полном штиле). И такие участки имеются. В солнечный день, даже при полном штиле, в затененных зонах всегда появляется ветер из-за перепада температур

нагретого воздуха и более прохладного в тени. Тень создают постройки. Если ветроэнергетическую установку смонтировать на углу дома, то наличие ветра всегда будет обеспечено.

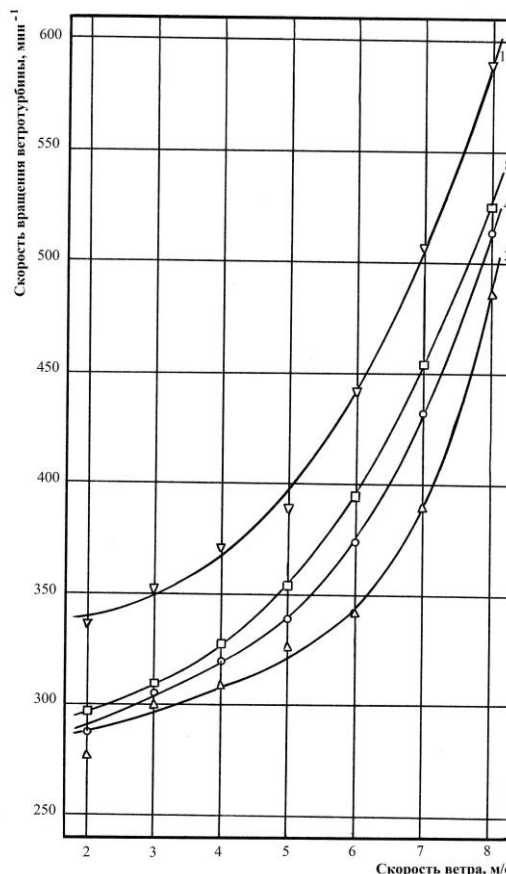


Рис. 4. Влияние количества лопастей на скорость вращения ветроколеса

В центральной части ветроколеса было оставлено сквозное отверстие для свободного прохода воздушного потока. В последующем экспериментах, центральная часть закрывалась различными механическими препятствиями. При этом центральная часть ветрового потока направлялась в пустотелые лопасти, которые были установлены таким образом, что выходящий из них ветровой поток, способствовал увеличению скорости вращения ветроколеса. Между прочим, лопасти ветроколеса имели не только аэродинамический профиль, но и буртик на передней кромке, для предотвращения возможного срыва потока, который попадая на следующую лопасть, срезал бы с нее частично воздушный поток и ветроколесо не смогло бы вращаться с такой скоростью, какую оно смогло достичь при наличии буртика. Данная ветровая турбина была в свое время запатентована [1].

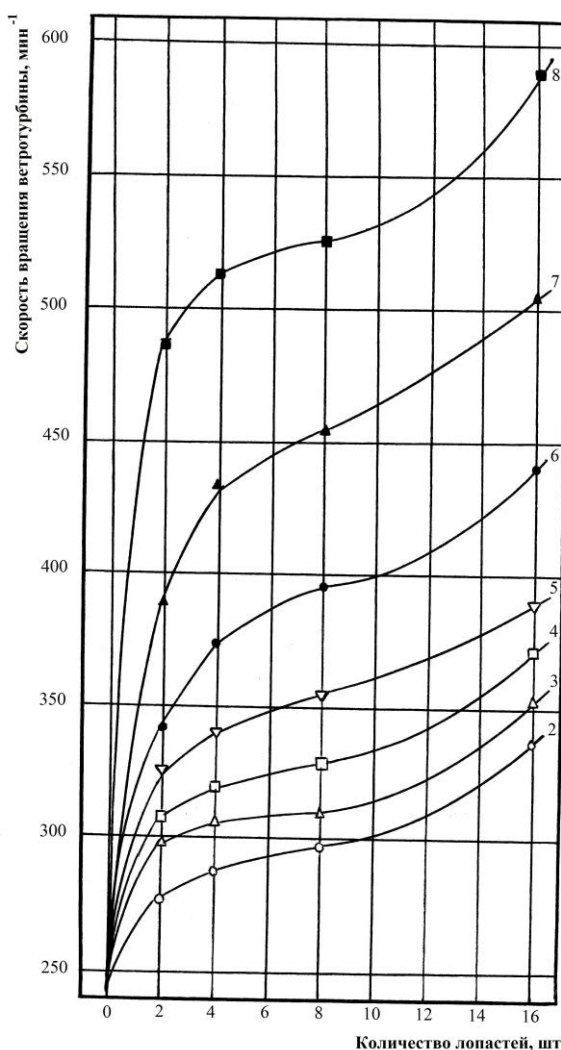


Рис. 5. Влияние количества лопастей на скорость вращения ветроколеса

Судя по результатам, представленным на рис. 5, утверждение, что количество лопастей не влияет на скорость вращения ветроколеса, не соответствует действительности. Да, скорость ветра играет преобладающую роль, но «просветы» между лопастями, искривляют набегающий ветровой поток, и он, на каждую последующую лопасть набегаёт уже не перпендикулярно, следовательно, не оказывает должного (или расчетного) давления на лопасть. Ветровой поток, искривляясь, теряет свою мощность, становится турбулентным.

При полном же перекрытии площади, ометаемой ветроколесом, воздушному потоку просто некуда деваться, и он весь преобразуется в механическую энергию ветроколеса без потерь. А именно к этому надо и стремиться, ведь ветроэнергетические установки для индивидуального пользования (хозяйства) должны быть как можно меньше по размерам, чтобы не затенять подворье и не ухудшать внешний вид

хозяйства (не сильно искажать ландшафт). Но при этом обладать максимальной мощностью. Напомним, чем выше скорость вращения ветроколеса, тем меньше необходимо передаточное число для выработки электроэнергии электрогенератором, следовательно, меньше потери на трение в редукторе, меньше потери механической энергии.

Испытания экспериментального образца ветровой турбины проводились на скоростях ветра, преобладающих в г. Луганске, и показали правильность выбранной схемы ветроколеса. При этом в данном исследовании, центральная часть ветровой турбины не использовалась. В ней было сквозное центральное отверстие, которое никоим образом не оказывало влияние на скорость вращения ветроколеса. Напомним, лопасти выполнены пустотелыми, для возможности их продувки ветровым потоком. При этом изгиб лопастей выполнен таким образом, чтобы выходящий из них ветер способствовал увеличению скорости вращения ветроколеса, что позволило увеличить суммарную скорость вращения, следовательно, и снижение передаточного числа. Для этой цели центр ветровой турбины был окружен цилиндрическим тонкостенным конфузуром, который не препятствовал свободному движению набегающего ветрового потока, но позволял в нем размещать различные по конструкции насадки для исследования их формы на скорость вращения колеса.

Как уже отмечалось, центральная часть ветроколеса малоэффективна и ею часто пренебрегают. Однако, центр колеса — это тоже его часть, она входит в площадь, ометаемую ветроколесом, поэтому не будем ею пренебрегать и попытаемся использовать эффективно.

Центральную часть ветроколеса можно использовать для продувки лопастей (лопасти пустотелые) направленным ветровым потоком, поэтому эта часть исследования посвящена выбору формы заглушки, которая бы позволила наиболее эффективно направлять центральную часть воздушного потока во внутрь лопастей для увеличения скорости вращения ветроколеса. Лопасти ветроколеса отходят от его центральной части по диаметру, что исключает торможение, а выходы из лопастей развернуты таким образом, чтобы выходящий из них воздушный поток пересекал линию диаметра, то есть не оказывал тормозящее действие, как это показано на рис. 5.9. Реальные размеры модели турбины представлены на рис. 6.

Опыт проводится на том же стенде в абсолютно аналогичных лабораторных условиях.

Описание эксперимента. Нами были изготовлены следующие конструкции заглушек центрального цилиндрического конфузора ветроколеса. Плоская заглушка (рис. 7а), перекрывающая полностью диаметр отверстия

конфузора. Конус, достигающий до половины высоты конфузора, конус, совпадающий с высотой конфузора, конус, превышающий высоту конфузора в 1,5 раза (рис. 7в,с,d). В дальнейшем увеличении высоты центрального конуса нет смысла. Это абсолютно не оказывало влияния на скорость вращения ветроколеса. Поверхности конусов были выполнены вогнутыми для лучшего направления воздушного потока в лопасти (подобно соплу Лаваля). Были апробированы и более сложные конструкции заглушек, например, с множеством изогнутых лопастей (рис. 7е,f), спиральные (рис. 7 g), но они оказались менее эффективными, а на фоне высокой трудоемкости их изготовления, нет смысла в их использовании. Опыты проводились аналогично предыдущему эксперименту, а результаты представлены на рис. 5.16, на котором представлены для сравнения и базовый вариант, т.е. с 16-тью лопастями со сквозным отверстием в конфузоре (на вылет).

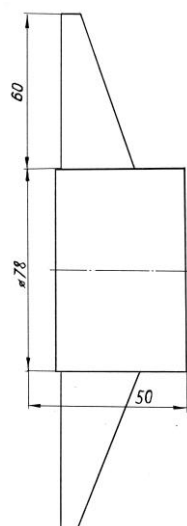


Рис. 6. Размеры экспериментального образца турбины

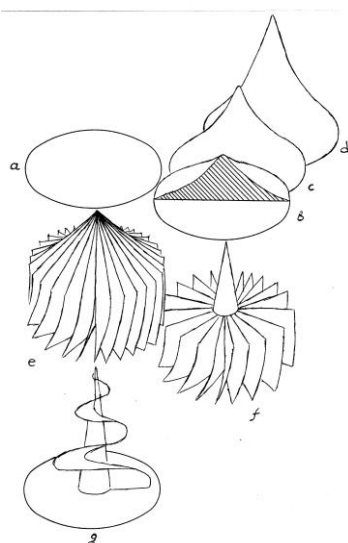


Рис. 7. Варианты заглушек конфузора

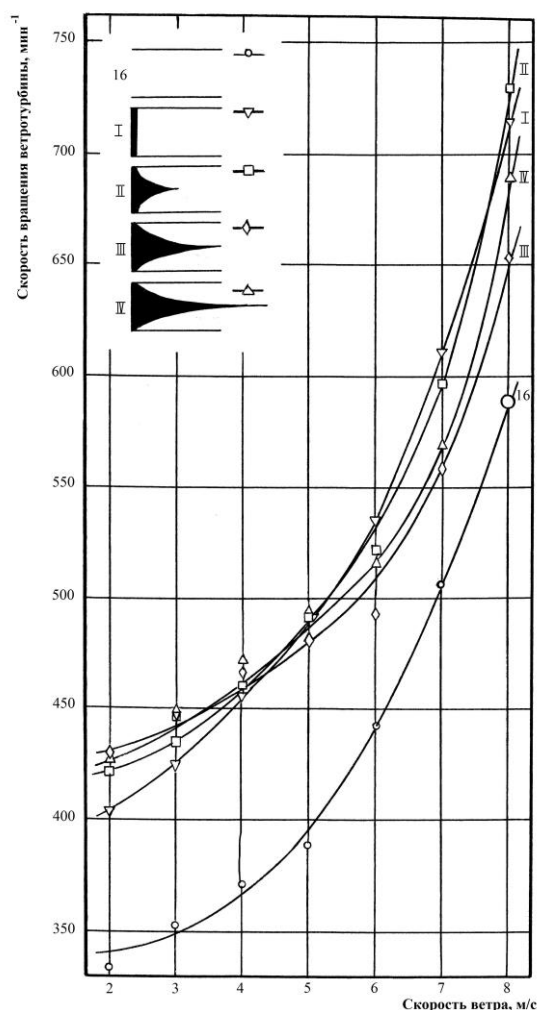


Рис. 8. Влияние продувки конфузора с различными типами заглушек

Не трудно заметить, что скорость турбины значительно возрастает в зависимости от конструкции заглушки конфузора. Даже простая плоская заглушка, установленная внутри конфузора позволила увеличить скорость вращения турбины, примерно, на 70 об/мин при минимальной скорости ветра 2 м/сек, а при скорости в 8 м/сек, скорость вращения турбины возрастает более, чем на 100 об/мин. Все ребристые и спиральные заглушки не дали желаемого результата, очевидно, они своей конструкцией создавали воздушные пробки внутри конфузора, поэтому в эксперименте в дальнейшем были исключены, к тому же, как уже отмечалось, конструктивная сложность не оправдала себя. Наиболее эффективными оказались конические заглушки, причем длина конуса существенно повлияла на скорость вращения турбины. Наилучший результат достигнут, когда высота внутреннего конуса составляла половину высоты конфузора. Более высокий конус, вероятно, тоже создает воздушную пробку на входе воздушного потока в лопасти: слишком круто изменяется направление воздушного потока, что, как отмечалось, снижало скорость вращения турбины.

Как следует из результатов, представленных на рис. 9, большая длина внутреннего конуса, даже снижает скорость вращения турбины, хотя она остается все же выше, чем без внутренней продувки лопастей. Графики на рис. 9 позволяют оптимизировать размеры (высоту) внутреннего конуса, применительно к данной конструкции ветровой турбины. Очевидно, меняя конструкцию турбины, необходимо использовать другие диаметры конфузора и другие размеры конусов.

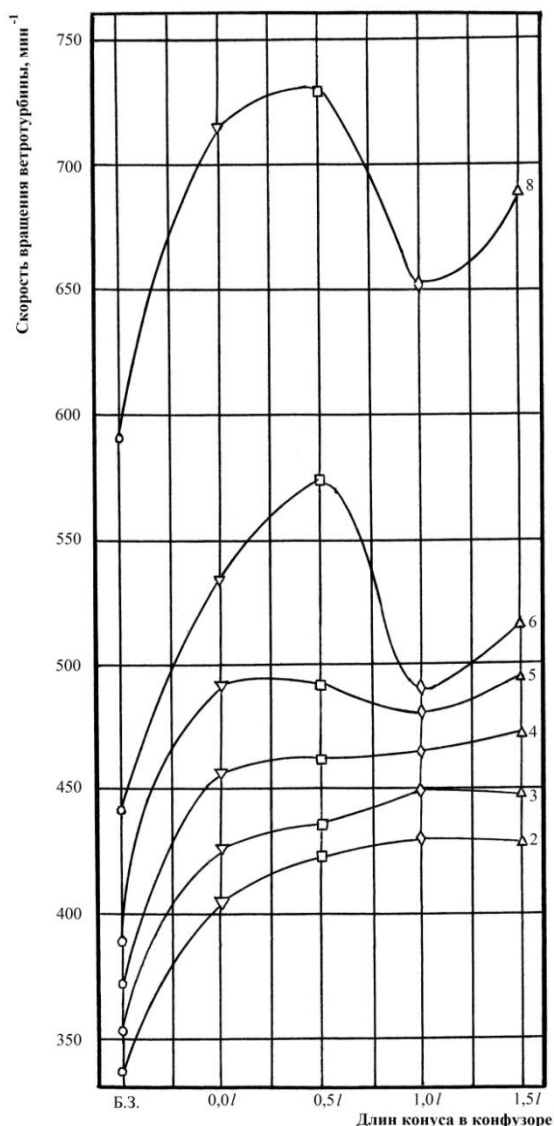


Рис. 9. Влияние длины конуса в конфузоре на скорость вращения турбины

Отметим, в эксперименте принимались попытки заглушить конфузор на входе, но это не дало положительных результатов. По нашему мнению, внешняя заглушка конфузора, даже полусферической формы, изменяет направление

истечения воздушного потока, и он попадает на лопасти не перпендикулярно, а под углом, что приводило к снижению давления ветра на лопасти, и, как следствие, — к снижению скорости вращения турбины.

Таким образом, этот эксперимент показал, что центральную часть ветроколеса также можно эффективно использовать, используя для этого направляющие аппараты, размещенные в конфузоре.

Литература

1. Пат. UA17987. МПК²⁰⁰⁶ F03D 1/00. Вітроколесо / В.В.Калужний, О.М. Гоженко (UA); Калужний Валерій Вілінович, Гоженко Олена Миколаївна (UA). — Заявл. 03.05.2006, № u200604905. — Опубл. 16.10.2006, Бюл. № 10.

References

1. Pat. UA17987. MPK²⁰⁰⁶ F03D 1/00. Vitrokolесо / V.V.Kaluzhnyj, O.M. Gozhenko (UA); Kaluzhnyj Valerij Vilinovich, Gozhenko OLENA MIKOLAIVNA (UA). — Zayavl. 03.05.2006, № u200604905. — Opubl. 16.10.2006, Bjul. № 10.

Kaluizhnyy V.V.

OPTIMIZATION OF WIND TURBINE PARAMETERS

The effect of the number of blades on the rotation speed of a wind turbine is experimentally investigated. It has been established that complete overlapping by the blades of the area swept by the wind wheel ensures maximum turbine rotation speed. It is noted that the central part of the wind turbine is not usually used. It has been experimentally proved that by changing the direction of the air flow, it is possible to achieve efficient use of the central part of the wind wheel. The plugs were optimized and hollow blades were used to purge them with the wind flow in order to increase the speed of rotation of the wind wheel.

Key words: wind power, design of a wind wheel, experiment, blades, center of a wind wheel, blowing of blades, confuser, optimization, research results.

Калужный Валерий Вилинович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Интеллектуальные права и инноватика» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.
E-mail: kvvkvkvv@mail.ru

Kalyuzhnyy Valery, Ph. D., Associate Professor, Head of the Department "Intellectual's Lowes and Innovation" SEE HT LPR "Lugansk Vladimir Dahl State University".

Рецензент: Витренко Владимир Алексеевич, д.т.н., проф. ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

Статья подана 10.09.2021

УДК 67.02/ 67.08

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ ВЫСОКОКОНЦЕНТРИРОВАННЫХ ВОДОУГОЛЬНЫХ СУСПЕНЗИЙ В ФАСОННЫХ ЭЛЕМЕНТАХ И АРМАТУРЕ ТРУБОПРОВОДОВ

Капустин Д.А.

SIMULATION OF FLOW OF HIGHLY CONCENTRATED WATER-COAL SUSPENSIONS IN SHAPED ELEMENTS AND PIPELINE FITTINGS

Kapustin D.A.

Статья посвящена моделированию течения высококонцентрированных водоугольных суспензий в фасонных элементах трубопроводов технологических систем, в качестве которых принимались наиболее характерные элементы - повороты на 90° и 180°. Исследована зависимость потерь давления от свойств движущейся среды, к которым относится и скорость течения, и геометрических параметров фасонной части. Представлены рекомендации по величине радиуса изгиба трубопровода для минимизации местных потерь давления. Получена также эмпирическая зависимость гидравлического сопротивления потока суспензии на шиберной задвижке от ее характеристик.

Ключевые слова: трубопровод, фасонный элемент, местное сопротивление, потери давления, течение, угольный материал, водоугольная суспензия, арматура.

Введение. Одним из видов жидких источников энергии являются дисперсии на основе водоугольных суспензий (ВУС). Для получения топливных композиций используются разные марки энергетических углей, антрациты, а также отходы углеобогащения. К таким ВУС в первую очередь относится водоугольное топливо (ВУТ), представляющее собой угольную суспензию высокой концентрации, которой присущи заданные её составом реологические, энергетические и седиментационные характеристики и которая предназначена для непосредственного сжигания в топках теплогенерирующих агрегатов [1, 6, 13].

Явными и существенными преимуществами внедрения и высококонцентрированных водоугольных суспензий ВВУС (водоугольных топлив) в сравнении с непосредственным сжиганием каменного угля и его прямых твердофазных производных разной дисперсности, являются:

1 - экологическая чистота ВУТ как топлива. Это особенно актуально для ЛНР, которая является одним из наиболее загрязненных регионов СНГ в экологическом плане, в то время, как угольное сырьё является едва ли не единственным видом ископаемых топлив на ее территории как в

настоящее время, так и в перспективе. Основными источниками загрязнения выступают предприятия угольной, энергогенерирующей и металлургической промышленности, которые сконцентрированы в стране [2, 5, 10];

2 - возможность приготовления ВУТ из промышленных отходов. Например, при правильном подборе химических добавок с последующей сепарацией промежуточного продукта можно применять шахтные воды, которые загрязнены угольно-породными частицами, бактериями и солями. Также можно использовать отходы обогащения угля, которые содержат до 20% теплоэнергетического потенциала исходного углепродукта [5, 6].

Указанные преимущества ВУТ в условиях существенного значения угольной отрасли и необходимости её реорганизации в нашей стране могут быть использованы с максимальной выгодой.

Наиболее интенсивное развитие исследований и внедрение перспективных разработок в области ВУТ можно констатировать в таких промышленно развитых странах как Китай, Япония, США, Германия, Англия, Франция, Италия, Россия.

Практически все технологические системы производства, перемещения и использования ВУС являются трубопроводными и включают насосы, трубопроводы, а также устройства подачи в топку теплогенерирующей установки. Кроме того, следует выделить фасонные части труб и запорную арматуру, которые обязательны в подобных системах и оказывают значительное влияние как на величину суммарного сопротивления сети, так и на изменения фракционного состава твердого компонента водоугольной среды. Следует отметить, что корректность и точность расчета сопротивления сети оказывает существенное влияние на правильность выбора насосного оборудования для системы гидротранспорта ВУТ.

Целью работы является исследование зависимости величины местного сопротивления

фасонных частей и запорной арматуры от свойств ВУС (ВУТ) и геометрических характеристик элементов трубопровода.

Изложение основных материалов. Для решения поставленной задачи использованы методы вычислительной гидродинамики - метод конечных объемов [12]. Сущность метода состоит в следующем: выбирается некоторая замкнутая область течения жидкости, для которой выполняется поиск полей макроскопических величин (например, скорости, давления), описывающих состояние среды во времени и удовлетворяющих определенным законам, сформулированным математически. Наиболее используемыми являются законы сохранения в эйлеровых переменных: для любой величины ϕ , в каждой точке пространства, окруженного некоторым замкнутым конечным объемом, в момент времени t существует следующая зависимость: общее количество величины ϕ в объеме может меняться за счет следующих факторов [11]:

- транспорт количества этой величины через поверхность, ограничивающий контрольный объем - поток;
- генерация (исчезновение) некоторого количества величины ϕ внутри контрольного объема - источник (сток).

Под контрольным объемом понимается некоторый замкнутый элементарный объем dV , ограниченный поверхностью dS .

В свою очередь, поток величины ϕ через границу dS может быть разбит на две составляющие [11]:

- конвекционная - движение вместе со средой;
- диффузионная - обусловлена хаотичным движением в среде (например, турбулентным).

Математически это может быть представлено следующим образом:

$$\underbrace{\frac{\partial \rho \phi}{\partial t}}_{\text{производная по времени}} + \underbrace{\bar{\nabla} \cdot (\rho \bar{V} \phi)}_{\text{конвекционный член}} - \underbrace{\bar{\nabla} \cdot (\Gamma_{\phi} \bar{\nabla} \phi)}_{\text{диффузионный член}} = \underbrace{S_{\phi}(\phi)}_{\text{источник}}.$$

Поскольку получение точного решения уравнений гидромеханики не всегда возможно, используется процедура дискретизации. Целью дискретизации является трансформация системы дифференциальных уравнений в частичных производных в соответствующую систему алгебраических уравнений. Результатом решения алгебраической системы является множество значений, соответствующих точному решению системы в некоторых, наперед заданных, точках в пространстве и времени. В результате дискретизации расчетной области получается числовое описание моделируемого пространства - расчетная сетка, содержащая точки, в которых производится поиск решения и описание границ. В

случае нестационарных задач временная ось также разбивается на конечное число соответствующих интервалов. При использовании метода конечных объемов разделение основного уравнения производится на составляющие, представляющие собой элементы суммарного баланса некоторой величины из числа исследуемых.

Метод конечных объемов является в настоящее время самым распространенным и наиболее популярным вследствие того, что он позволяет строго соблюдать законы сохранения и основные понятия и положения метода строго соответствуют физическим величинам.

При использовании метода расчетная область разбита на конечное число контрольных объемов, которые не перекрывают друг друга, то есть не пересекаются и полностью заполняют расчетную область. Переменные, определяемые в процессе расчета, исчисляются в центрах контрольных объемов при помощи декартовой системы координат. Набор использованных форм объемов ограничен гексаэдрами, тетраэдрами и призмами. Используются два набора элементов (объемов): на основе гексаэдров (гексагональная сетка) и на основе тетраэдров (тетрагональная сетка). Для обеих сеток использованы призмы для моделирования пограничного слоя, то есть у твердых стенок находятся исключительно призмы, имитирующие пограничный слой. Из литературы [12] известно, что использование гексагональных элементов приводит к уменьшению необходимого количества контрольных объемов при сохранении точности расчета. Поэтому, в большинстве случаев расчета использована гексагональная сетка, за исключением некоторых расчетов, в которых получение качественной сетки требует затрат значительного времени на построение, например при построении с поворотом на радиус, равный радиусу трубы [82].

В изогнутых трубах и каналах (коленах, отводах) вследствие искажения течения потока появляются центробежные силы, направленные от центра кривизны к наружной стенке трубы. Этим обуславливается повышение давления возле внешней стенки и снижение его во внутренней при переходе потока из прямолинейного участка трубопровода в изогнутую. При этом под отводами подразумеваются изогнутые участки, в которых при равенстве входящего и исходящего сечения одноуровневые относительно оси трубопроводаскругления обеих стенок (внешней и внутренней) представляют собой дуги концентрических окружностей [4, 9]. При проектировании и оптимизации параметров течения водоугольного топлива крайне важно знать значение потерь давления при поворотах в отводах с различными значениями радиуса кривизны.

Численное моделирование течения ВУС в фасонных частях (отводах с поворотом потока на 90 и 180°) произведено методом конечных объемов в приложении

COMSOLmultiphysics

(полнофункциональная пробная версия) для нижеприведенных характеристик транспортируемой среды и трубопровода (табл. 1).

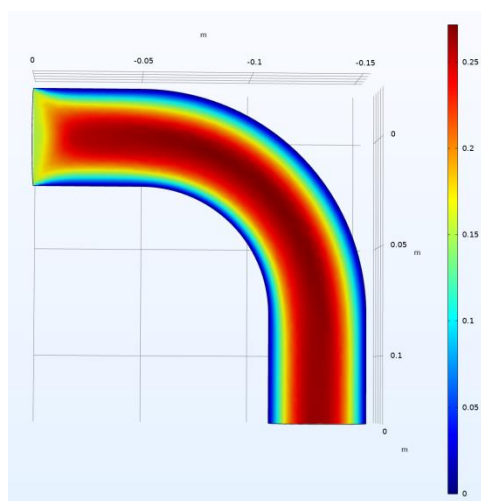
На рисунке 1 в графическом виде способом цветопередачи уровня кинетических параметров

осесимметричных слоев внутритрубного потока представлены результаты расчета течения высококонцентрированной водоугольной суспензии в отводах с поворотом потока на 90° (а) и 180° (б).

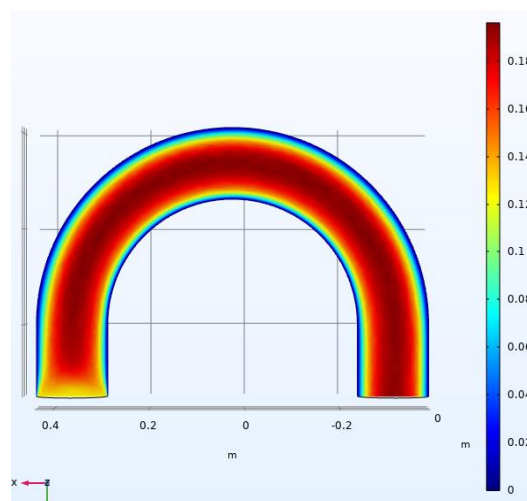
Таблица 1

Исходные данные для численного моделирования течения ВУС в фасонных частях

№ п/п	Марка угля	Диаметр трубопровода D, м	Радиус изгиба R _{изг}	Расход ВУС Q _{ВУС} , м ³ /с	Плотность ВУС ρ _{ВУС} , кг/м ³	Начальное напряжение сдвига τ ₀ , Па	Структурная вязкость μ _{ст} , Па·с
Поворот на 90°							
1	Г	0,05-0,15	0,5R-3R	0,0001-0,003	1142-1155	3,04-16,5	0,54-2,2
2	ОС	0,05-0,15	0,5R-3R	0,0001-0,003	1179-1197	3,07-15,5	0,5-0,93
3	А	0,05-0,15	0,5R-3R	0,0001-0,003	1215-1237	1,98-10,9	0,22-0,79
Поворот на 180°							
1	Г	0,05-0,15	1,5R-4,5R	0,0001-0,003	1142-1155	3,04-16,5	0,54-2,2
2	ОС	0,05-0,15	1,5R-4,5R	0,0001-0,003	1179-1197	3,07-15,5	0,5-0,93
3	А	0,05-0,15	1,5R-4,5R	0,0001-0,003	1215-1237	1,98-10,9	0,22-0,79



а



б

Рис. 1. Течение ВУС в поворотах на 90° и 180° для угля марки Г диаметр $D=0,05$ м; расход суспензии $Q_{ВУС}=0,0003$ м³/с; радиус изгиба $3R$; начальное напряжение сдвига $\tau_0 = 16,5$ Па; структурная вязкость $\mu_{ст}=2,2$ Па·с

Отчетливо виден характер течения данного варианта водоугольной суспензии: начальный участок - зона формирования стационарного характера течения с образованием ядра потока - выраженной центральной областью практически постоянной линейной скорости, (что подтверждает справедливость ранее предложенной гипотезы о характере течения данных сред в подобных условиях применительно к течению в фасонных частях [7]), при этом периферийное течение в пристенной кольцевой области имеет неизокинетический характер. Следует отметить, что непосредственно на входе в элемент в соответствии с начальными условиями течение изокинетично.

В результате расчетов и последующего анализа установлена линейная зависимость местных потерь давления от расхода высококонцентрированной водоугольной суспензии при значениях диаметра трубопровода, указанных в табл. 1, как для отвода с

поворотом на 90° (а), так и на 180° (б) (рис.2). Это обстоятельство, очевидно, объясняется совпадением размерностей напряжения сдвига и давления - Па. Известна линейная зависимость сил механического трения от давления на трущиеся поверхности; вследствие этого логично предположить и прямую пропорциональность сил взаимного внутреннего трения слоев ВКУС увеличению градиента линейной скорости u , обуславливающего величину напряжения сдвига. Естественно, что связь величины скорости с ее градиентом характеризуется пропорциональностью (при сохранении кинетической структуры потока).

Действительно, полагая вязкость физической характеристикой вещества, не зависящей от скорости его перемещения, из соотношения размерностей, характерного для закона Ньютона $\tau = \mu \cdot \text{grad } u$, имеем $\text{Па} = \text{Па} \cdot \text{с} / \text{м} \cdot \text{с} / \text{м}$. Из анализа размерностей в левой и правой частях данного

соотношения следует пропорциональность напряжения сдвига от скорости течения, при этом величину с размерностью Па·с/м следует расценивать как удельную динамическую вязкость суспензии, (приведенную к погонному метру слоя суспензии). Трудно ожидать, что в результате такого

приведения она перестанет быть постоянной (для данного варианта суспензии) величиной.

Таким образом, проведенный анализ размерностей подтверждает полученный результат - линейную зависимость потерь давления от расхода ВКУС в трубопроводе.

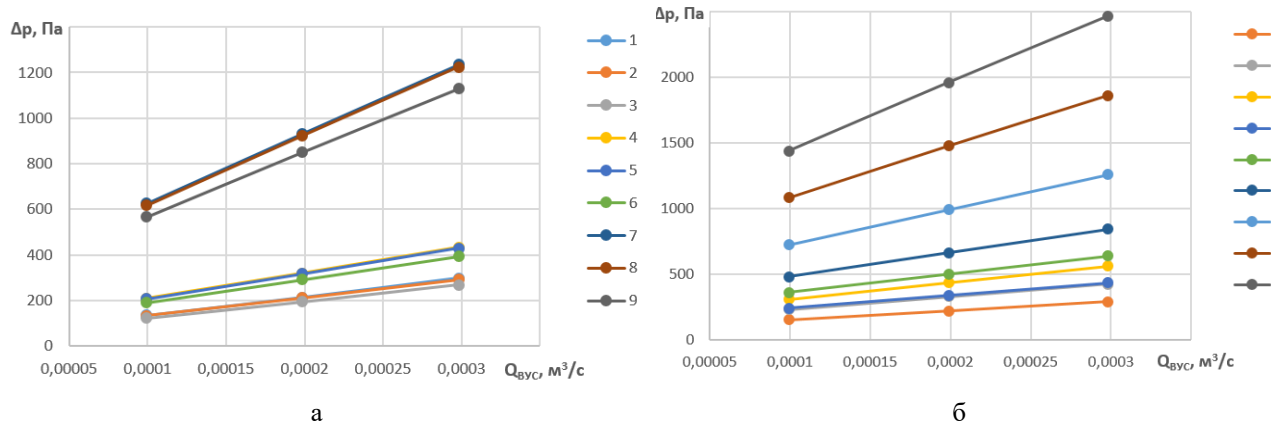


Рис. 2. Зависимость потерь давления от расхода ВКУС для угля марки Г (диаметр D=0,05 м)

а) поворот на 90°: 1, 2, 3 - $\tau_0 = 3,04$ Па, $\mu_{ст} = 0,54$ Па·с, радиус изгиба 0,5R, 1,5R, 3R соответственно; 4, 5, 6 - $\tau_0 = 5,3$ Па, $\mu_{ст} = 0,77$ Па·с, радиус изгиба 0,5R, 1,5R, 3R соответственно; 7, 8, 9 - $\tau_0 = 16,5$ Па, $\mu_{ст} = 2,2$ Па·с, радиус изгиба 0,5R, 1,5R, 3R соответственно; б) поворот на 180°: 1, 2, 3 - $\tau_0 = 3,04$ Па, $\mu_{ст} = 0,54$ Па·с, радиус изгиба 1,5R, 3R, 4,5R соответственно; 4, 5, 6 - $\tau_0 = 5,3$ Па, $\mu_{ст} = 0,77$ Па·с, радиус изгиба 1,5R, 3R, 4,5R соответственно; 7, 8, 9 - $\tau_0 = 16,5$ Па, $\mu_{ст} = 2,2$ Па·с, радиус изгиба 1,5R, 3R, 4,5R соответственно

В ходе обработки результатов численных экспериментов установлено, что потери давления для поворота на 90° в диапазоне указанных исходных данных (табл. 1) снижаются с увеличением радиуса кривизны поворота, однако при увеличении $R_{изг}$ в 6 раз (от 0,5R до 3R) Δp снижается не более чем на 10% (см. рис. 2 а), в связи с чем влиянием радиуса изгиба трубопровода на сопротивление фасонной части можно пренебречь. Соответствующее математическое выражение с учетом того, что указанные потери существенно зависят от структурной вязкости и начального напряжения сдвига, целесообразно аппроксимировать следующей экспоненциальной функцией:

$$\Delta p = \rho_{\text{ВКУС}} \cdot g \cdot e^{a+b \cdot \ln D + c \cdot \ln Q_{\text{ВКУС}}}, \quad (1)$$

где $\rho_{\text{ВКУС}}$ - плотность ВКУС, кг/м³; g - ускорение свободного падения, м/с²; a, b, c - коэффициенты; D - диаметр трубопровода, м; $Q_{\text{ВКУС}}$ - расход суспензии, м³/с.

Для выяснения закономерностей влияния на коэффициенты ур-я 1 величин τ_0 и $\mu_{ст}$ и одновременного обеспечения линейности данного выражения для потерь давления были выполнены дополнительно численные исследования указанного течения ВКУС методом конечных объемов в приложении COMSOLmultiphysics (табл. 2).

Для предварительного определения геометрической формы поверхности отклика, выявления рационального вида её математической интерпретации, представлены трехмерные зависимости коэффициентов a, b, c от величины реологических показателей водоугольного топлива (рис. 3 а, б, в).

Таблица 2

Величина коэффициентов a, b, c при различных значениях τ_0 и $\mu_{ст}$ для поворота на 90°

№ п/п	Коэффициент	Начальное напряжение сдвига τ_0 , Па/ Структурная вязкость $\mu_{ст}$, Па·с									
		1,98/0,22	3,04/0,54	3,07/0,5	4,6/0,57	5,3/0,77	6,4/0,67	10,9/0,79	15,5/0,93	16,5/2,2	
1	a	-4,69	-4,09	-4,13	-3,98	-3,74	-3,73	-3,45	-3,18	-2,77	
2	b	-1,69	-2,02	-1,94	-1,76	-1,83	-1,58	-1,37	-1,23	-1,77	
3	c	0,6	0,69	0,67	0,6	0,62	0,54	0,47	0,42	0,59	

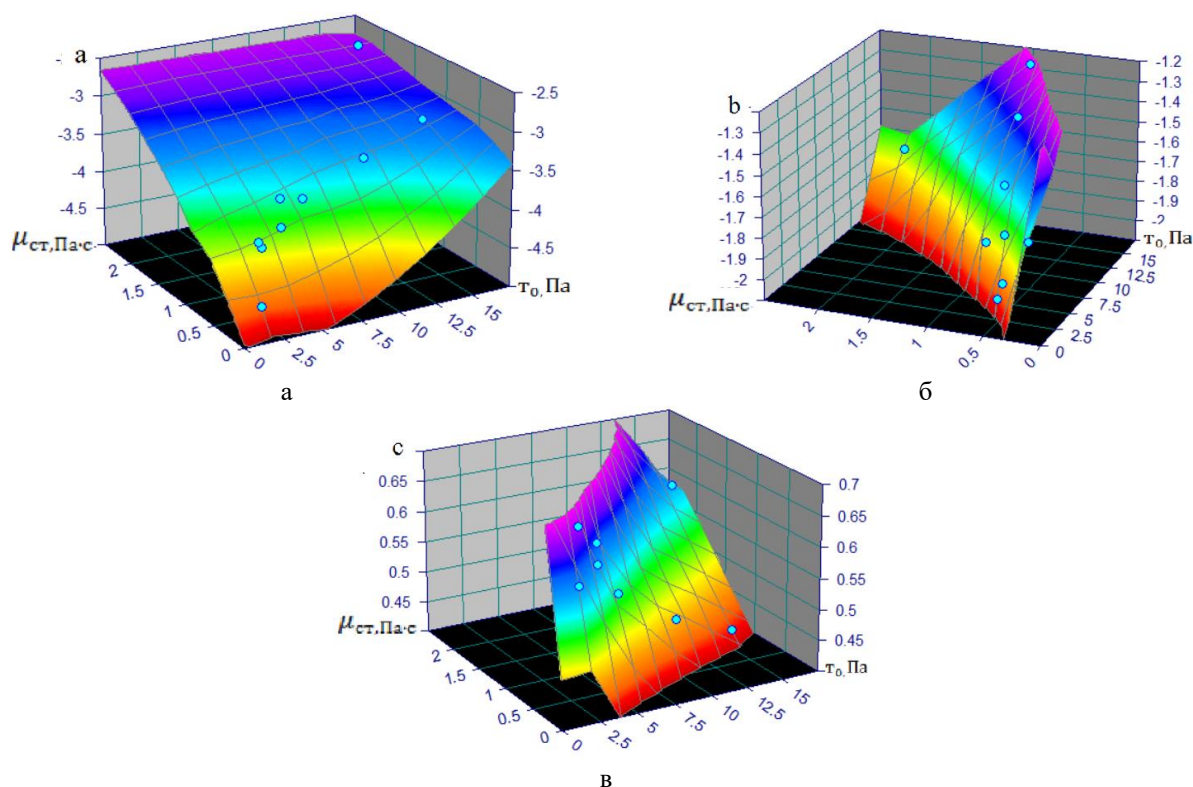


Рис. 3. Зависимости коэффициентов а, b, с от начального напряжения сдвига τ_0 и структурной вязкости $\mu_{ст}$ - а, б, в соответственно

Полученные двухпараметрические зависимости поверхности с точностью не менее $R^2=0,991$ аппроксимируются соответствующими выражениями специального вида:

$$a = -\frac{1}{0,141 + 0,022\sqrt{\tau_0} + 0,087\sqrt{\mu_{ст}}};$$

$$b = -3,2 + 0,7 \ln \tau_0 - 0,68 \ln \mu_{ст};$$

$$c = 1,07 - 0,23 \ln \tau_0 + 0,21 \ln \mu_{ст}.$$

Аналогичные численные исследования были проведены также в отношении отводов с углом поворота 180° .

В результате обработки результатов данных численных экспериментов установлено, что зависимость потерь давления (2) в диапазоне указанных исходных данных (см. табл. 1) определяется аналогичным (1) (с учетом отличия в виде наличия коэффициента k_R) выражением вида

$$\Delta p = k_R \cdot \rho_{ВУС} \cdot g \cdot e^{a+b \cdot \ln D + c \cdot \ln Q_{ВУС}}, \quad (2)$$

где k_R - коэффициент, зависящий от радиуса изгиба трубопровода.

Значения коэффициентов а, b, с зависят от величины начального напряжения сдвига τ_0 и структурной вязкости $\mu_{ст}$ (табл. 3).

Таблица 3

Величина коэффициентов а, b, с при различных значениях τ_0 и $\mu_{ст}$ для поворота на 180°

№ п/п	Коэффи- циент	Начальное напряжение сдвига, Па/ Структурная вязкость, Па·с								
		1,98/0,22	3,04/0,54	3,07/0,5	4,6/0,57	5,3/0,77	6,4/0,67	10,9/0,79	15,5/0,93	16,5/2,2
1,5R										
1	a	-4,69	-4,18	-4,26	-4,10	-3,87	-3,82	-3,54	-3,22	-2,84
2	b	-1,46	-1,64	-1,68	-1,42	-1,46	-1,32	-1,09	-1,03	-1,47
3	c	0,51	0,54	0,56	0,46	0,47	0,43	0,35	0,33	0,47
3R										
4	a	-4,53	-3,99	-3,8	-3,74	-3,50	-,348	-3,15	-2,83	-2,43
5	b	-1,39	-1,53	-1,6	-1,44	-1,53	-1,31	-1,10	-1,01	-1,41
6	c	0,46	0,48	0,54	0,465	0,48	0,42	0,35	0,32	0,45
4,5R										
7	a	-4,19	-3,61	-3,86	-3,48	-3,24	-3,26	-2,86	-2,51	-2,18
8	b	-1,42	-1,62	-1,46	-1,4	-1,48	-1,32	-1,09	-0,94	-1,43
9	c	0,48	0,52	0,45	0,45	0,47	0,42	0,35	0,3	0,45-

Анализ графического представления результатов численных исследований зависимостей коэффициентов a , b , c от величины реологических показателей водоугольного топлива, выполненных при разных значениях радиуса изгиба трубопровода (рис 4 а, б, в) позволил установить, что зависимость коэффициентов аппроксимации a , b , c для поворота

на 180° носит сложный характер с выраженными локальными экстремумами, что обусловило введение в качестве аппроксимирующих выражений функций специального вида, которые с привязкой к соответствующим радиусам поворота, представлены непосредственно ниже по тексту.

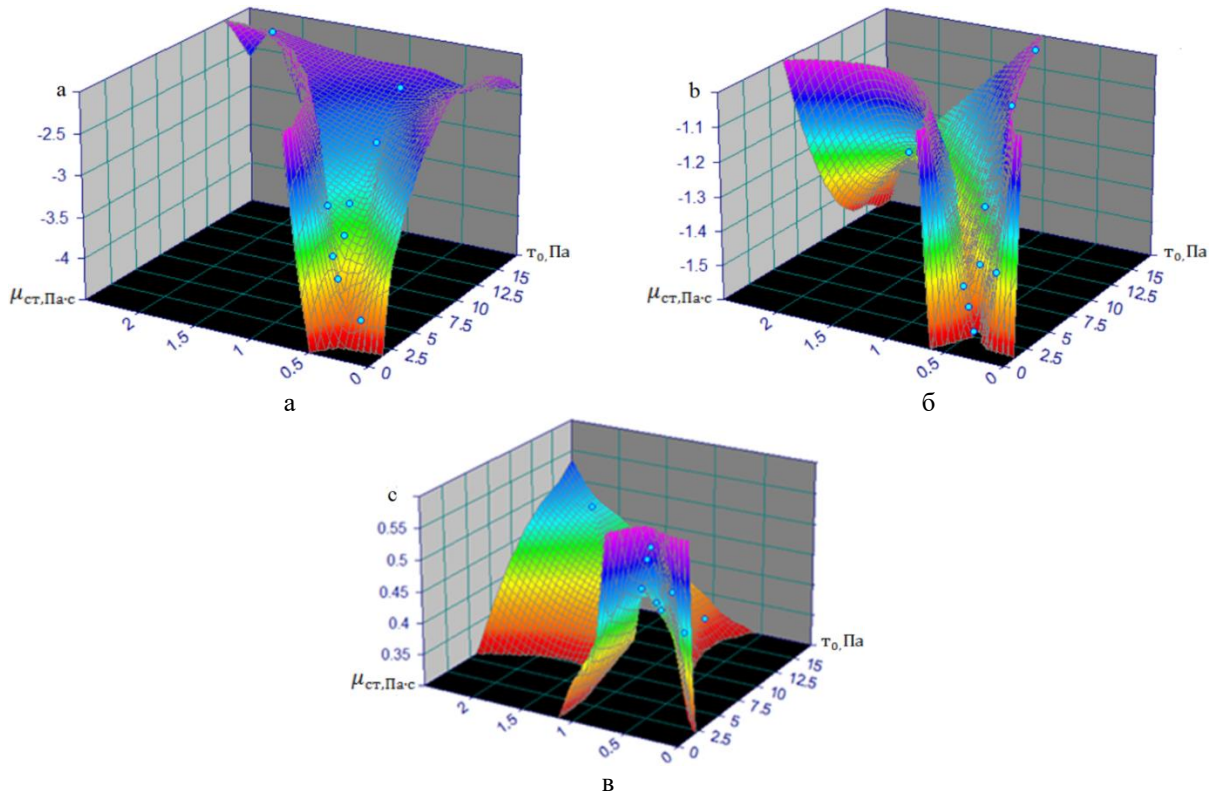


Рис. 4. Зависимости коэффициентов a , b , c от начального напряжения сдвига τ_0 и структурной вязкости $\mu_{ст}$ при различных значениях радиуса изгиба трубопровода для поворота на 180° (диаметр $D=0,05$ м)

а) коэффициент a радиус изгиба $4,5R$; б) коэффициент b радиус изгиба $3R$; в) коэффициент c радиус изгиба $1,5R$

$$\begin{cases}
 1,5R \begin{cases} a = -\frac{1}{0,17 + 0,0044\tau_0 - 0,075\mu_{ст}^{0,5}}; \\ b = -\frac{1}{1,53 - 2,38\frac{\ln \tau_0}{\tau_0} - 0,13\mu_{ст}^{1,5}}; \\ c = 0,101 + \frac{0,97}{\tau_0^{0,5}} + 0,17 \ln \mu_{ст}. \end{cases} \\
 3R \begin{cases} a = -\frac{1}{0,16 + 0,0056\tau_0 + 0,11\mu_{ст}^{0,5}}; \\ b = -0,0023 - 3,8\frac{\ln \tau_0}{\tau_0} - 0,35\mu_{ст}; \\ c = -0,012 + 1,27\frac{\ln \tau_0}{\tau_0} + 0,111\mu_{ст}. \end{cases} \\
 4,5R \begin{cases} a = -\frac{1}{0,18 + 0,0085\tau_0 + 0,095\mu_{ст}^{0,5}}; \\ b = -\frac{1}{0,69 + 0,046\tau_0 - 0,34\mu_{ст}}; \\ c = 0,47 - 0,039(\ln \tau_0)^2 + 0,13\mu_{ст}. \end{cases}
 \end{cases}$$

Представленные зависимости адекватно аппроксимируют результаты вычислений с точностью, соответствующей значению $R^2 = 0,99 - 0,992$.

Анализ полученных зависимостей величины коэффициента k_R от радиуса изгиба трубопровода $R_{изг}$ (рис. 5) позволил установить, что его значение увеличивается при возрастании указанного параметра трубопровода. Аппроксимирующее выражение для численных результатов принимает вид (при $R^2=0,998$):

$$k_R = \frac{1}{0,86 + 0,43 \ln D - 0,43 \ln R_{изг}}. \quad (3)$$

Следует отметить, что коэффициент k_R не зависит от значений начального напряжения сдвига τ_0 и структурной вязкости $\mu_{ст}$, и определяется только геометрическими характеристиками трубопровода, его диаметром D и радиусом колена $R_{изг}$, что обусловлено, очевидно, постоянством кинетической структуры течения ВКУС в присутствии ему ламинарного режима.

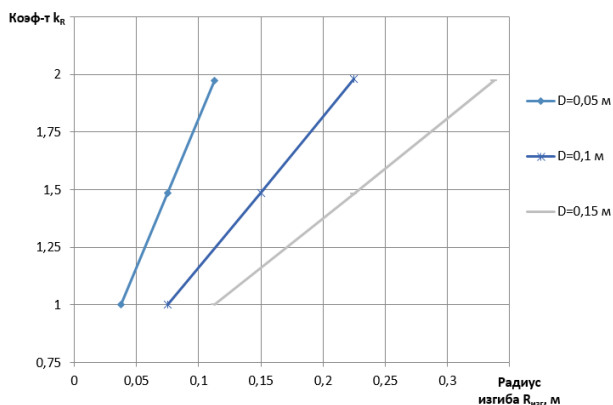


Рис. 5. Зависимости коэффициента k_R от радиуса изгиба трубопровода $R_{изг}$

Для проверки адекватности результатов численного моделирования течения высококонцентрированной водоугольной среды в фасонных элементах (поворотах на 90° и 180°), произведена сравнительная оценка расчетных и экспериментальных потерь давления, полученных при гидравлических испытаниях на лабораторном стенде [8] (рис. 6).

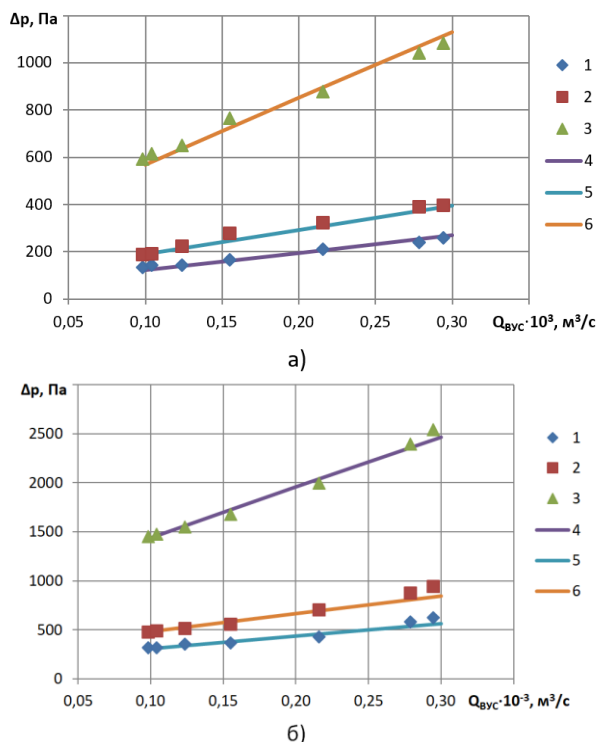


Рис. 6. Расчетные и экспериментальные потери давления в фасонных элементах (углематериал - уголь марки Г), $D=0,05$ м

а) поворот на 90° , $R_{изг}=3R$: 1, 2, 3 – экспериментальные точки для $\tau_0 = 3,04$ Па, $\mu_{ст}=0,54$ Па·с, $\rho_{вус}=1142$ кг/м³; $\tau_0 = 5,3$ Па, $\mu_{ст}=0,77$ Па·с, $\rho_{вус}=1148$ кг/м³; $\tau_0 = 16,5$ Па, $\mu_{ст}=2,2$ Па, $\rho_{вус}=1155$ кг/м³ соответственно; 4, 5, 6 – результаты численного моделирования для $\tau_0 = 3,04$ Па, $\mu_{ст}=0,54$ Па·с, $\rho_{вус}=1142$ кг/м³; $\tau_0 = 5,3$ Па, $\mu_{ст}=0,77$ Па·с, $\rho_{вус}=1148$ кг/м³; $\tau_0 = 16,5$ Па, $\mu_{ст}=2,2$ Па, $\rho_{вус}=1155$ кг/м³ соответственно.

б) поворот на 180° , $R_{изг}=4,5R$: 1, 2, 3 – экспериментальные точки для $\tau_0 = 3,04$ Па, $\mu_{ст}=0,54$ Па·с, $\rho_{вус}=1142$ кг/м³; $\tau_0 = 5,3$ Па, $\mu_{ст}=0,77$ Па·с, $\rho_{вус}=1148$ кг/м³; $\tau_0 = 16,5$ Па, $\mu_{ст}=2,2$ Па, $\rho_{вус}=1155$ кг/м³ соответственно; 4, 5, 6 – результаты численного моделирования для $\tau_0 = 3,04$ Па, $\mu_{ст}=0,54$ Па·с, $\rho_{вус}=1142$ кг/м³; $\tau_0 = 5,3$ Па, $\mu_{ст}=0,77$ Па·с, $\rho_{вус}=1148$ кг/м³; $\tau_0 = 16,5$ Па, $\mu_{ст}=2,2$ Па, $\rho_{вус}=1155$ кг/м³ соответственно.

Установлено, что результаты численного моделирования течения водоугольного топлива в поворотах на 90° и 180° хорошо коррелируют с экспериментальными данными, а величина относительного отклонения не превышает 10%.

Тем не менее, результаты комплекса исследований в отношении участка трубопровода с поворотом течения на 180° имеют несколько парадоксальный характер ввиду установленной пропорциональной зависимостью между радиусом изгиба и гидравлическими потерями: вопреки установившимся воззрениям: увеличению радиуса соответствует увеличение местных потерь давления.

Данный факт может быть обусловлен следующими сопутствующими ему обстоятельствами:

1) перестройка кинематической структуры потока (как это видно на рис.1) происходит в первой по ходу потока половине полуокружности, которая соответствует 90° -стоградусному колену, поэтому зона деформации изокINETического входного потока, которая в значительной мере определяет сопротивление колена в целом, имея относительно небольшую протяженность в сравнении с развернутой длиной данного колена, все же в относительных размерах практически вдвое больше в сравнении с 180° -тиградусным коленом;

2) незначительное смещение ядра потока к наружной образующей колена (см. рис. 1), закономерно вызванное действием центробежной силы, небольшой вследствие малой скорости течения и также вызывающее некоторые гидравлические потери также происходит в первой половине указанной полуокружности, районируя и данный компонент сопротивления в 90° -стоградусном колене;

3) стабилизированная кинетическая структура потока (степень его деформации) в повороте определяется величиной действующей центробежной силы. В диапазоне исследованных значений скорости данные силы характеризуется малыми величинами и практически к незначительному изменению спектра скоростей в трубопроводе.

С учетом указанных обстоятельств протяженность участка стабилизированного течения в колене имеет разное значение для величины его местного гидравлического сопротивления: в 180° -тиградусном колене его длина практически вдвое больше в сравнении с 90° -стоградусным при одинаковости радиуса изгиба. Естественно, что при увеличении радиуса изгиба такого колена

увеличивается его развернутая длина, что и обуславливает пропорциональное увеличение гидравлических потерь. Влияние зоны перестройки потока на указанное изменение сопротивления сводится к постоянной величине, не зависящей от радиуса изгиба.

Что касается 90-стоградусного колена, то для него характерна взаимная компенсация последствий воздействия на суммарное местное гидравлическое сопротивление центробежных сил, увеличивающихся с уменьшением радиуса изгиба трубопровода и сил сопротивления участка стабилизированного течения, протяженность которого увеличивается по мере возрастания радиуса.

Таким образом, эффект увеличения местного сопротивления по мере увеличения радиуса изогнутого участка трубопровода, характерный, как следует из результатов данного исследования, для течения ВКУС в 180-тиградусном колене получил объяснение, по крайней мере, в качественном отношении.

Для определения радиуса изгиба поворота на 180°, обеспечивающего минимизацию потерь давления, произведено построение и анализ зависимости потерь энергии Δp от кривизны фасонной части $R_{изг}$ для угля марки А с концентрацией твердого компонента в ВУС 62%, при этом плотность среды составила 1215 кг/м³.

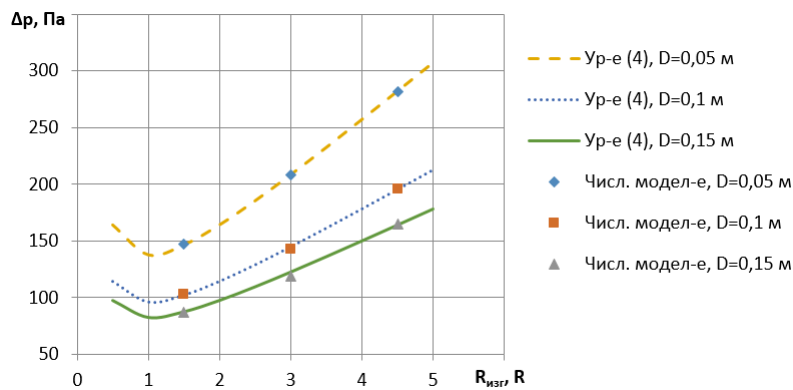


Рис. 7. Зависимость величины потерь давления от радиуса кривизны поворота на 180°

Анализ кривых, приведенных на рисунке 7, позволил установить, что связь кривизны $R_{изг}$ фасонной части и потерь давления Δp носит нелинейный характер и с точностью $R^2=0,991$ аппроксимируется выражением

$$\Delta p = \left(a + b \left(\ln(R_{изг}) \right)^2 \right)^2, \quad (4)$$

где a и b – коэффициенты аппроксимации.

Значения коэффициентов аппроксимации можно определить по следующим зависимостям

$$a = \sqrt{54,28 + \frac{4,19}{D}}; \quad b = \sqrt{-0,35 + \frac{1,19}{D^{0,5}}}.$$

У функции наблюдается локальный минимум при значении радиуса кривизны $R_{изг} = R$, исходя из особенностей организации поворота трубопровода на 180° минимальным значением следует считать $R_{изг} = 1,2R$.

Среди многообразия трубопроводной арматуры для технологических систем наиболее надежными являются задвижки – запорная арматура, в которой затвор (шибер, клин) перемещается перпендикулярно основному потоку суспензии.

Шиберная задвижка может использоваться в качестве запорного устройства на трубопроводах с рабочим давлением до 25 МПа, с максимальным расходом 6 м³/с и скоростью транспортируемой среды до 5 м/с [23, 23].

Преимущество пульповых задвижек перед общепромышленными клиновыми задвижками, пробковыми и шаровыми кранами заключается в отсутствии конструктивных элементов, быстро забивающихся мельчайшими частицами абразива, и приводящих к потере функциональности и выходу из строя данного узла в целом.

К положительным качествам задвижки следует отнести сравнительную простоту конструкции и малое гидравлическое сопротивление. У подобной арматуры коэффициент гидравлического сопротивления при полностью открытом рабочем органе обычно находится в пределах, $\zeta=0,08-0,2$, в то время как у клапанов он составляет $\zeta=3-5$ и более [3].

В результате обработки и анализа результатов проведенных экспериментов [3] по определению зависимости изменения гидравлического сопротивления шиберных задвижек при течении дисперсных сред построены следующие графические зависимости (рис. 8).

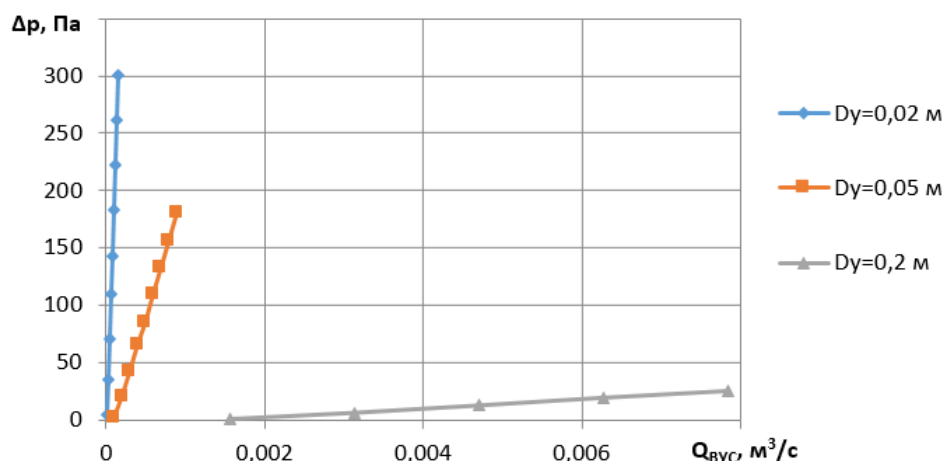


Рис. 8. Зависимость потерь давления от расхода ВУС для шиберной задвижки $\rho_{\text{ВУС}}=1200 \text{ кг/м}^3$; $\tau_0=15,5 \text{ Па}$; $\mu_{\text{ст}}=0,93 \text{ Па}\cdot\text{с}$

Для получения функциональной зависимости потерь давления от величины расхода при разных диаметрах трубопровода, произведена аппроксимация полученных численных данных выражением ($R^2 = 0,98$):

$$\Delta p = e^{2,35 - \frac{0,036}{\sqrt{Q_{\text{ВУС}}}} + \frac{0,90}{\sqrt{D_y}}},$$

где D_y - диаметр условного прохода задвижки, м.

Следует отметить, что зависимость сопротивления трубопроводной арматуры от расхода жидкости является линейной прямо пропорциональной с коэффициентом пропорциональности, зависящим только от диаметра трубопровода. Кроме того, при рекомендованных скоростях транспортирования высококонцентрированных водоугольных сред потери давления на открытой задвижке на порядок меньше, в сравнении с сопротивлением других фасонных элементов трубопровода. Вследствие этого при незначительном количестве (1 - 5 ед.) данных элементов в трубопроводной системе потерями давления на них в гидравлическом расчете можно пренебречь.

Выводы: 1. В ходе проведенного численного моделирования течения высококонцентрированных водоугольных суспензий в фасонных частях трубопровода методом конечных объемов установлено, что течение характеризуется образованием стабильного ядра потока жидкости с постоянной величиной скорости и неизокинетичным кольцевым периферийным слоем; при этом получено: зависимость потерь давления от величины расхода ВУС характеризуется линейностью и прямой пропорциональностью.

2. Величина гидравлического сопротивления поворота трубопровода на 90° при движении таких сред с рекомендуемыми скоростями не зависит существенно от радиуса изгиба.

3. Впервые предложены полуэмпирические зависимости гидравлических потерь фасонных частей от расхода дисперсной среды с учетом начального напряжения сдвига, структурной вязкости, диаметра трубопровода, а также радиуса закругления для поворота на 180° . Данные зависимости обоснованы результатами проведенных расчетных и экспериментальных исследований.

4. Анализ результатов моделирования движения водоугольных дисперсных сред в фасонных элементах трубопровода показал, что при рекомендуемых режимах течения не происходит значительной деформации потока и потерь энергии, при этом следует рекомендовать значения радиуса изгиба не менее $1,2R$.

5. Предложена эмпирическая зависимость для определения сопротивления шиберной задвижки от расхода при течении концентрированных водоугольных сред. Из анализа полученных количественных значений данного параметра следует, что при реальных скоростях гидротранспортирования сопротивлением данных элементов в расчете гидравлических потерь системы гидротранспорта высококонцентрированных водоугольных сред допустимо пренебрегать.

Л и т е р а т у р а

1. Баранова М.П. Технологии получения и использования топливных водоугольных суспензий из углей различной степени метаморфизма: дис. доктора техн. наук/ Баранова Марина Петровна. – Москва, 2014. – 275 с.
2. Бойко Е.Е. Разработка методических основ сжигания тонкодисперсных водоугольных суспензий при плазменном сопровождении в котлоагрегатах ТЭС: дис. кандидат техн. наук/ Бойко Екатерина Евгеньевна. – Новосибирск, 2018. – 162 с.
3. Варакута Е.А. Повышение срока службы запорной арматуры промышленного трубопроводного гидротранспорта совершенствованием характеристик рабочего процесса :дис... канд. техн. Наук / Варакута Евгений Александрович ; Восточноукраинский национальный ун-т им. Владимира Даля. - Луганск, 2007. - 209 с.

4. Идельчик И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. / И.Е. Идельчик. – М.: Машиностроение, 1975. – 560 с.

5. Капустин Д.А. Оценка объема отходов обогащения угля, требующих утилизации / Д.А. Капустин, Ю.И. Гутько, М.В. Орешкин, Р.Н. Сентяй// Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – Луганск: Изд-во Луганского государственного университета имени Владимира Даля, 2020. – №7(37) – С. 202-207.

6. Капустин Д.А. Технологии утилизации отходов обогащения / Д.А. Капустин, Ю.И. Гутько, М.В. Орешкин, В.В. Швыров// Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – Луганск: Изд-во Луганского государственного университета имени Владимира Даля, 2020. – №6(36) – С. 43-49.

7. Капустин Д.А. Характер течения водоугольных суспензий в кольцевой области потока / Д.А. Капустин, А.В. Кущенко, В.В. Швыров, Р.Н. Сентяй// Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – Луганск: Изд-во Луганского государственного университета имени Владимира Даля, 2020. – №11(41) – С. 58-63.

8. Капустин Д.А. Совершенствование стэнда для исследования характеристик движения водоугольных суспензий высокой концентрации/ Д.А. Капустин, Ю.И. Гутько, А.В. Кущенко// Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – Луганск: Изд-во ЛГУ им. В. Даля, 2020. – №8(38) – С. 215-220.

9. Кондратьев А.С. Транспортирование водоугольных суспензий: гидродинамика и температурный режим / А.С. Кондратьев, В.М. Овсянников. Е.П. Олофинский и др. – М.: Недра, 1988. – 218 с.

10. Олофинский Е.П. Вопросы использования водоугольного топлива на тепловых электростанциях / Е.П. Олофинский // Теплоэнергетика. - 1989. - №12. - С. 64-66.

11. Солодов В.Г. Моделирование турбулентных течений. Расчет больших вихрей / В.Г. Солодов. – Харьков: ХНАДУ, 2011. – 167 с.

12. Численные методы исследования течений вязкой жидкости / А.Д. Госмен, В.М. Пан, А.К. Ранчел и др.; под.ред. Г.А. Тирского ; [пер. с англ. Хохрякова В.А.]. - М.: Мир, 1972. - 326 с.

13. Cherneckaya Natalia. Ecological aspect of transportation and application of water-coal fuel / Natalia Cherneckaya, Anna Shvornikova, Inna Ovsepyan // Современные достижения в науке и образовании: III междунар. науч. конф., 16 - 23 сент. 2009 г.: тезисы докл. - Тель-Авив (Израиль), 2009. - С. 75-78. - (англ.).

sovershenstvovaniem harakteristik rabocheho processa :dis... kand. tehn. Nauk / Varakuta Evgenij Aleksandrovich ; Vostochnoukrainskij nacional'nyj un-t im. Vladimira Dalja. - Lugansk, 2007. - 209 s.

4. Idel'chik I. E. Spravochnik po gidravlicheskim soprotivlenijam. / I.E. Idel'chik. – М.: Mashinostroenie, 1975. – 560 с.

5. Kapustin D.A. Ocenka ob#ema othodov obogashhenija uglja, trebujushhih utilizacii / D.A. Kapustin, Ju.I. Gut'ko, M.V. Oreshkin, R.N. Sentjaj// Vestnik Luganskogo gosudarstvennogo universiteta imeni Vladimira Dalja. – Lugansk: Izd-vo Luganskogo gosudarstvennogo universiteta imeni Vladimira Dalja, 2020. – №7(37) – S. 202-207.

6. Kapustin D.A. Tehnologii utilizacii othodov obogashhenija / D.A. Kapustin, Ju.I. Gut'ko, M.V. Oreshkin, V.V. Shvyrov// Vestnik Luganskogo gosudarstvennogo universiteta imeni Vladimira Dalja. – Lugansk: Izd-vo Luganskogo gosudarstvennogo universiteta imeni Vladimira Dalja, 2020. – №6(36) – S. 43-49.

7. Kapustin D.A. Harakter techenija vodougol'nyh suspenzij v kol'cevoj oblasti potoka / D.A. Kapustin, A.V. Kushhenko, V.V. Shvyrov, R.N. Sentjaj// Vestnik Luganskogo gosudarstvennogo universiteta imeni Vladimira Dalja. – Lugansk: Izd-vo Luganskogo gosudarstvennogo universiteta imeni Vladimira Dalja, 2020. – №11(41) – S. 58-63.

8. Kapustin D.A. Sovershenstvovanie stenda dlja issledovanija harakteristik dvizhenija vodougol'nyh suspenzij vysokoj koncentracii/ D.A. Kapustin, Ju.I. Gut'ko, A.V. Kushhenko// Vestnik Luganskogo gosudarstvennogo universiteta imeni Vladimira Dalja. – Lugansk: Izd-vo LGU im. V. Dalja, 2020. – №8(38) – S. 215-220.

9. Kondrat'ev A.S. Transportirovanie vodougol'nyh suspenzij: gidrodinamika i temperaturnyj rezhim / A.S. Kondrat'ev, V.M. Ovsjannikov. E.P. Olofinskij i dr. – М.: Nedra, 1988. – 218 s.

10. Olofinskij E.P. Voprosy ispol'zovanija vodougol'nogo topliva na teplovyh jelektrostancijah / E.P. Olofinskij // Teplojenergetika. - 1989. - №12. - S. 64-66.

11. Solodov V.G. Modelirovanie turbulentnyh techenij. Raschet bol'shih vihrej / V.G. Solodov. – Har'kov: HNADU, 2011. – 167 s.

12. Chislennye metody issledovanija techenij vjazkoj zhidkosti / A.D. Gosmen, V.M. Pan, A.K. Ranchel i dr.; pod.red. G.A. Tirskogo ; [per. s angl. Hohrjakova V.A.]. - M.: Mir, 1972. - 326 s.

13. Cherneckaya Natalia. Ecological aspect of transportation and application of water-coal fuel / Natalia Cherneckaya, Anna Shvornikova, Inna Ovsepyan // Sovremennye dostizhenija v nauke i obrazovanii: III mezhdunar. nauch. konf., 16 - 23 sent. 2009 g.: tezisy dokl. - Tel'-Aviv (Izrail'), 2009. - S. 75-78. - (angl.).

Kapustin D.A.

SIMULATION OF FLOW OF HIGHLY CONCENTRATED WATER-COAL SUSPENSIONS IN SHAPED ELEMENTS AND PIPELINE FITTINGS.

The article is devoted to modeling the flow of highly concentrated water-coal suspensions in shaped elements of pipelines of technological systems, which were turns by 90 ° and 180 °. Dependence of pressure losses on properties of moving medium and geometric parameters of shaped part is investigated. Dependence of fluid flow energy losses at gate valve is investigated. Recommendations on the round radius

References

1. Baranova M.P. Tehnologii poluchenija i ispol'zovanija toplivnyh vodougol'nyh suspenzij iz uglej razlichnoj stepeni metamorfizma: dis. doktora tehn. nauk/ Baranova Marina Petrovna. – Moskva, 2014. - 275 s.

2. Bojko E.E. Razrabotka metodicheskikh osnov szhiganiya tonkodispersnyh vodougol'nyh suspenzij pri plazmennom soprovozhdenii v kotloagregatah TJeS: dis. kandidatatehn. nauk/ Bojko Ekaterina Evgen'evna. – Novosibirsk, 2018. - 162 s.

3. Varakuta E.A. Povyshenie sroka sluzhby zapornoj armatury promyshlennogo truboprovodnogo gidrotransporta

value are presented to minimize flow deformation and reduce local losses.

Keywords: *shaped element, local resistance, pressure loss, flow, water-coal suspension, reinforcement.*

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».

Рецензент: Киреев Андрей Николаевич, д.т.н. профессор кафедры железнодорожного транспорта ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

Статья подана 26.08.2021

УДК 004

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ПРОЦЕССЕ ВЫБОРА ВАРИАНТА РАЗМЕЩЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Колесников А.В., Компаниец М.К.

AUTOMATED DECISION SUPPORT SYSTEM IN THE PROCESS OF SELECTING THE OPTION FOR LOCATION OF AN INDUSTRIAL ENTERPRISE

Kolesnikov A.V., Kompaniets M.K.

Проведен выбор методов, которые будут наиболее эффективны для решения поставленной в задаче. Анализ альтернатив на двух уровнях будет осуществляться методами рационального выбора и методами геопространственного анализа, которые позволяют определить лучшую альтернативу в условиях множества критериев. Представлена функциональная схема поддержки принятия решения с необходимыми архитектурными составляющими. Продемонстрирован алгоритм работы системы с подробным описанием шагов и письменным описанием.

Ключевые слова: автоматизированная система, земельный участок, строительное сооружение, планирование, теория принятия решения, альтернатива, системный анализ, информационное моделирование зданий.

Введение. Одной из целей деятельности современного государства и государственных учреждений является улучшение благосостояния своих граждан и уровня экономического развития. Достичь этой цели можно в том числе путем развития территориальной инфраструктуры, вследствие строительства новых современных строительных объектов – таких как промышленные предприятия.

Нормативные документы о проведении застройки городских территорий включает Градостроительный кодекс как определяющий документ, нормирующий данную сферу деятельности, других законов и нормативных правовых актов государства. Указанные нормативно-правовые документы регламентируют вопросы по: организации развития территорий, городскому распределению территорий по категориям, планировке территории, архитектурно-строительному проектированию, отношения по возведению объектов капитального строительства, их текущего и капитального ремонта, при выполнении которых касаются конструктивные и другие характеристики надежности и безопасности таких объектов. Градостроительный кодекс

включает в себя базовые требования, которые нужны для принятия решений о строительстве, реконструкции и других видах работ по планированию городских территорий.

Цель работы – предложить методы усовершенствования автоматизированных систем поддержки принятия решения и анализа пространственных факторов, влияющих на размещение объектов в процессе выбора варианта размещения промышленных предприятий.

Изложение основного материала. Проведем выбор методов, которые будут наиболее эффективны для решения поставленной задачи. Анализ альтернатив на втором уровне характеризуется появлением более точной и полной информации вследствие снижения неопределенности. Исходя из этого критерии второго уровня больше характеризуются количественной информацией. При наличии немногочисленных критериев с качественным описанием их оценки следует перевести в количественные посредством создания специальной искусственной шкалы перевода. Количество альтернатив на втором этапе потенциально не ограничено, что объясняется множеством возможных вариантов предварительных дальнейших решений по реализации электростанции (установленных мощностей, площадок, технических решений) для каждого пункта. Поэтому необходим метод, эффективный при анализе большого количества альтернатив по критериям с количественным измерением.

Альтернативы первого уровня также могут характеризоваться количественными критериями, однако в большей степени для описания альтернатив на первом уровне привлекаются критерии с качественным описанием. Количество альтернатив на первом уровне, как правило, не превышает 10, что объясняется ограниченностью возможных пунктов строительства в любом рассматриваемом макрорайоне. Этим требованиям

отвечают методы анализа иерархий и вербальных групп. Предпочтение было отдано методу анализа иерархий, поскольку при анализе пунктов желательно выявить не только порядок превосходства, но и получить количественную оценку пунктов. Это открывает возможности для оценки степени превосходства альтернатив.

Таким образом, проведенный обзор методов позволяет сделать следующие выводы. Для задачи выбора пунктов размещения зданий и сооружений перспективным является МАИ. Преимуществами метода являются:

- 1) эффективность для анализа альтернатив, характеризуемых критериями как с качественными, так и с количественными оценками. Оценки сравнительной важности избавляют от необходимости перевода качественных оценок в количественные, и наоборот;
- 2) парные сравнения являются легкой процедурой, не вызывающей затруднений ЛПР;
- 3) вербальная шкала сравнений является понятным инструментом анализа для ЛПР;
- 4) метод широко применялся на практике, имеет хорошую апробацию.

Желательно получить количественную оценку пунктов, а не только выявить порядок превосходства альтернатив друг над другом.

Выбранный метод многокритериального анализа в дальнейшем будет комбинироваться вместе с методом зонирования территорий.

Основной задачей данной работы является реализация методики двухуровневого многокритериального анализа альтернатив. При этом анализ альтернатив на двух уровнях будет осуществляться методами рационального выбора и методами геопространственного анализа, которые позволяют определить лучшую альтернативу в условиях множества критериев.

Функциональная схема описывает внутреннюю структуру системы поддержки принятия решения. Диаграмма объектов состоит из следующих структурных элементов: входные данные, модуль геоинформационной системы, модуль СППР, ЛПР, конечный результат. Создание и описание такой схемы несет в себе множество преимуществ. С точки зрения системного анализа это холархия. Все внутренние элементы, взаимодействуя между собой, образуют новый функциональный элемент. К преимуществам можно отнести следующее: наглядность, удобство разработки, отвечает на вопросы: что является входными данными системы, какие методы используются для решения поставленной задачи, какая связь между модулями, какие результаты получит пользователь.

Функциональная схема системы поддержки принятия решения для выбора земельного участка для строительства зданий или сооружений представлена на рис. 1.

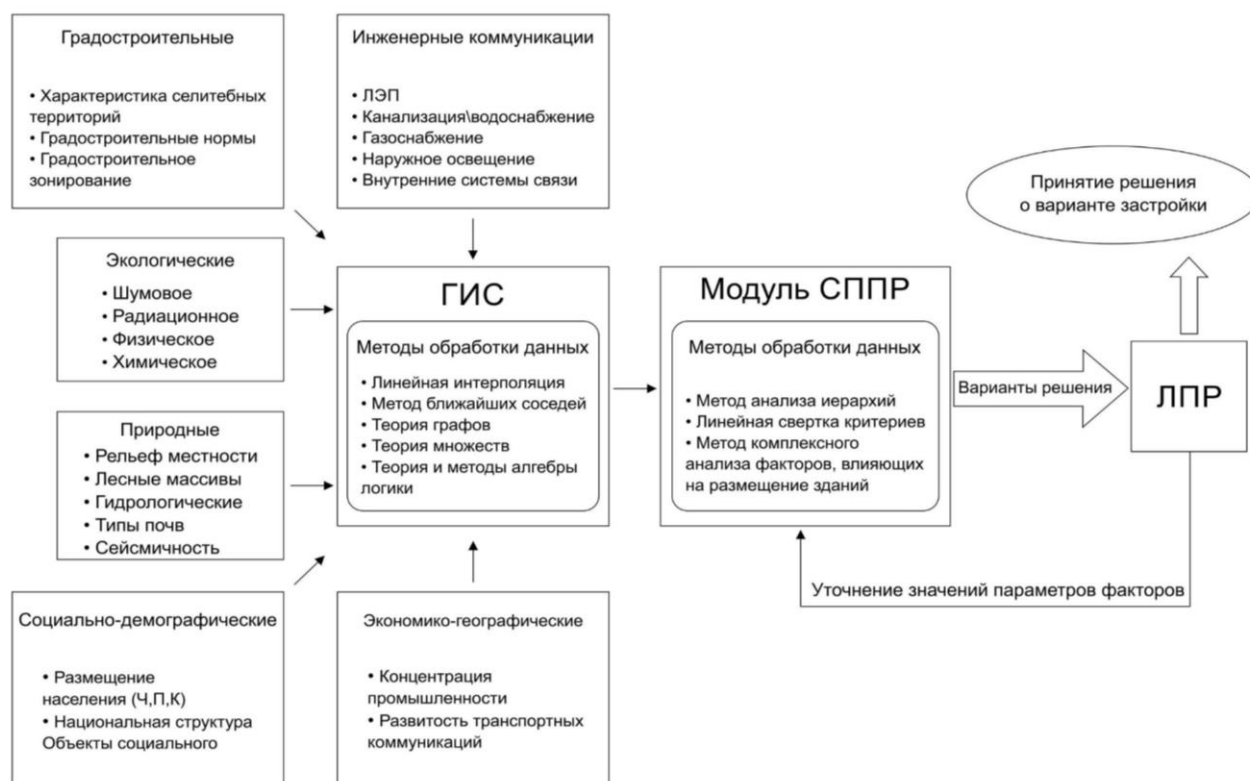


Рис. 1. Функциональная схема СППР

Подробно разберем каждый элемент функциональной схемы.

Входными данными могут служить следующие слои данных: инженерные коммуникации, градостроительные, экологические, природные, социально-демографические, экономико-географические ограничения. Большое количество начальных данных обусловлено сложной структурированностью, многокритериальностью и общей сложностью задачи выбора земельного участка для застройки территории.

Слой данных представляет собой множество пространственных объектов однородной геометрической формы (точка, линия, полигон). Этим объектам соответствуют 2 вида характеристик: пространственные и атрибутивные. Первые описывают координаты объекта, вторые в свою очередь – тип геометрии, уникальный идентификатор и дополнительные атрибуты, приписываемые создателем объекта.

Например, слой градостроительного зонирования содержит в себе множество полигональных объектов со следующими характеристиками: площадь, периметр, тип градостроительного зонирования и др. Источниками информации могут служить представленные в первой главе геопорталы: кадастровая карта, градостроительные системы, инфраструктура пространственных данных.

Следующим элементом функциональной схемы является ГИС-модуль. Входные данные необходимо где-то учитывать, хранить, анализировать, отображать, передавать и др. Данный компонент занимается непосредственным хранением и обработкой геоданных (слои с пространственной и атрибутивной информацией). ГИС является связующим звеном между данными и картой. На карте отображаются картографические слои, происходит масштабирование элементов и т.д. Таким образом, первая функция данного модуля – это геопространственная база данных.

Благодаря такому подходу в организации данных, исследователь, инженер, пользователь или кто-то другой может проводить различные аналитические операции над картографической информацией. К ним относятся такие, например, анализ близости объектов (и другие картометрические функции), отношения между объектами, оверлейные операции, поиск объектов, зонирование и др. Достигается и реализуется это методами линейной интерполяции, методом кластеризации (метод ближайшего соседа), теории графов, множеств, алгебры логики. Следовательно, второй функцией данного модуля является геопространственный анализ. Результат работы данного функционального звена – выборка альтернатив для возможной застройки зданий и сооружений на городских территориях (исходя из пользовательских настроек). Полученные данные

записываются в таблицу определенного формата и передаются далее, следующему звену.

Наряду с ГИС модулем, вторым фундаментальным модулем в реализации методики двухуровневого многокритериального анализа является модуль поддержки принятия решения, основная задача которого – обработка полученных на первом этапе альтернатив, согласно предпочтениям ЛПР. При его реализации применялись следующие методы обработки данных: методы принятия решений (метод анализа иерархий); линейная свертка критериев; метод комплексного анализа факторов, влияющих на размещение зданий. По окончании выполнения работы этого модуля, ЛПР поступают конкретные варианты решения задачи.

Лицо принимающее решение, пользователь, эксперт – это человек, который оценивает качество полученного результата, устанавливает критерии выбора земельного участка для размещения, корректирует, уточняет параметры выбора альтернатив на первом и втором уровнях анализа. Если конечный результат отвечает всем поставленным требованиям, ЛПР сохраняет его в виде тематической карты с последующим отображением в модуле ГИС.

Функциональная схема СППР наглядным образом разъясняет архитектуру системы и процессы, протекающие в отдельных функциональных модулях в целом. Для того, чтобы более подробно продемонстрировать действия, последовательность работы программы, описывается алгоритм работы программы.

На первом этапе происходит ранжирование всех существующих участков и территорий на основе ограничений, критериев, количественных характеристик. Отсеив неподходящие, по определенным ограничениям, участки, остается некое множество участков, из которых выбираются оптимальные. Далее, на основании качественных характеристик, в зависимости от задачи и предпочтений ЛПР, определяются лучшие варианты размещения. Конечным шагом станет создание комплексной тематической карты и модели зонирования.

Такой подход позволяет разбить решение задачи выбора оптимального варианта на две подзадачи:

1. Сначала выполняется просмотр всевозможных вариантов размещения и, в соответствии с первичными ограничениями, например, на площадь или градостроительные зоны, отбираются подходящие альтернативы. Эта подзадача решается средствами пространственного анализа ГИС путем выделения и пересечения зон, соответствующих ограничениям.

2. Ранжирование оставшихся альтернатив происходит по качественным характеристикам, определяя ценность того или иного решения с помощью рационального метода принятия решений.

Выбор ограничений и критериев в этом подходе остается за ЛПР. При этом ЛПР может многократно решать задачу относительно разных критериев и ограничений, поскольку весь процесс учета ограничений и ранжирования по критериям полностью автоматизирован.

Блок-схема иллюстрирует следующую последовательность действий:

- 1) открыть приложение;
- 2) загрузить базу геоданных со слоями;
- 3) выбрать критерии и ограничения для построения моделей зонирования;
- 4) выполнить построение моделей зонирования, согласно п.3;
- 5) ЛПР задаст дополнительные критерии выбора;
- 6) выполнение МАИ на основе критериев из п.5;
- 7) вывод результатов с помощью тематической карт;
- 8) завершение работы.

Остановимся и рассмотрим процедуры под номерами 4 и 6.

Первая процедура – создание модели зонирования по критерию К описана в общей формулировке алгоритма, сделаем уточнение. ГИС модуль производит оверлейную операцию между двумя объектами. Первый объект принадлежит слою, содержащему критерий или ограничение, а второй – возможное место расположение объекта (согласно градостроительному зонированию). Оверлей происходит в том случае, если объекты пересекаются между собой или один из них принадлежит другому (по площади). В результате объекту-альтернативе присваиваются атрибуты объекта-критерия (при условии, что он соответствует установленным ограничениям).

Вторая процедура предусматривает установленную пользователем матрицу парных сравнений критериев относительно цели. Далее модуль автоматически сравнивает попарно каждый критерий и альтернативу. Например, дом А – движение транспорта небольшое, дом Б – недалеко от нужного автобусного маршрута и т.д. Результатом расчетов глобальных приоритетов альтернатив является матрица размерности $N \times N$.

Выводы. В работе представлена функциональная схема поддержки принятия решения со следующими архитектурными составляющими: входные данные в виде картографических слоев, модуль ГИС для хранения и анализа геоданных, модуль поддержки принятия решения с анализом полученных альтернатив по конкретным предпочтениям ЛПР. Дано подробное описание каждого составляющего и их непосредственные функции.

Продемонстрирован алгоритм работы системы с подробным описанием шагов и письменным описанием. Дано описание работы двух функциональных блоков, отвечающих за процесс

получения решения: создание модели зонирования и метод анализа иерархий.

Л и т е р а т у р а

1. Гермейер Ю. Б. Введение в теорию исследования операций. – М.: Наука, 1971. – 384 с.
2. Моисеев Н. Н. Математические задачи системного анализа. – М.: Наука, 1981. – 488 с.
3. Бурков В. Н. Основы математической теории активных систем. – М.: Наука, 1986. – 255 с.
4. Горский Ю. М. Системно-информационный анализ процессов управления. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1988. – 327 с.
5. Прангшвили И. В. Системный подход и общесистемные закономерности. – М.: СИНТЕГ, 2000. – 528 с.
6. Советов Б. Я. Проблемы адаптивного автоматизированного управления промышленным предприятием. Информационно-управляющие системы. – 2009 – Вып. 6. – С. 18-24.
7. Месарович М. Общая теория систем: математические основы. – М.: Мир, 1978. – 312 с.
8. Клир Дж. Системология. Автоматизация решения системных задач: пер. с англ. / Дж. Клир. – М.: Радио и связь, 1990. – 534 с.
9. Carver S. J. Integrating multi-criteria evaluation with geographical information systems // International Journal of Geographical Information Systems. – 1991. – Vol. 5. – P. 321–339.
10. Arciniegas G. A. Effectiveness of collaborative map-based decision support tools: Results of an experiment // Environmental Modelling & Software. – 2013. – Vol. 39. – P. 159–175.
11. Janssen R. Multiobjective decision support for land use planning // Environment and planning B: Planning and design. – 2008. – Vol. 35. – P. 740-756.
12. Janssen R. Spatial evaluation of ecological qualities to support interactive design of land use // Environment and planning B: Planning and design. – 2013. – Vol. 40. – P. 427-446.
13. Stewart T. J. A multiobjective GIS-based land use planning algorithm // Computers, Environment and Urban Systems. – 2014. – Vol. 46. – P. 25-34.

R e f e r e n c e s

1. Germeyer Yu. B. Vvedenie v teoriyu issledovaniya operatsiy. – M.: Nauka, 1971. – 384 s.
2. Moiseev N. N. Matematicheskie zadachi sistemnogo analiza. – M.: Nauka, 1981. – 488 s.
3. Burkov V. N. Osnovyi matematicheskoy teorii aktivnykh sistem. – M.: Nauka, 1986. – 255 s.
4. Gorskiy Yu. M. Sistemno-informatsionnyy analiz protsessov upravleniya. – Novosibirsk: Nauka. Sib. otd-nie, 1988. – 327 s.
5. Prangishvili I. V. Sistemnyiy podhod i obschesistemnyye zakonomernosti. – M.: SINTEG, 2000. – 528 s.
6. Sovetov B. Ya. Problemy adaptivnogo avtomatizirovannogo upravleniya promyshlennym predpriyatiem. Informatsionno-upravlyayuschie sistemy. – 2009 – Vyip. 6. – S. 18-24.
7. Mesarovich M. Obschaya teoriya sistem: matematicheskie osnovyi. – M.: Mir, 1978. – 312 s.
8. Klir Dzh. Sistemologiya. Avtomatizatsiya resheniya sistemnykh zadach: per. s angl. / Dzh. Klir. – M.: Radio i svyaz, 1990. – 534 s.

9. Carver S. J. Integrating multi-criteria evaluation with geographical information systems // International Journal of Geographical Information Systems. – 1991. – Vol. 5. – P. 321–339.

10. Arciniegas G. A. Effectiveness of collaborative map-based decision support tools: Results of an experiment // Environmental Modelling & Software. – 2013. – Vol. 39. – P. 159–175.

11. Janssen R. Multiobjective decision support for land use planning // Environment and planning B: Planning and design. – 2008. – Vol. 35. – P. 740–756.

12. Janssen R. Spatial evaluation of ecological qualities to support interactive design of land use // Environment and planning B: Planning and design. – 2013. – Vol. 40. – P. 427–446.

13. Stewart T. J. A multiobjective GIS-based land use planning algorithm // Computers, Environment and Urban Systems. – 2014. – Vol. 46. – P. 25–34.

Kolesnikov A.V., Kompaniets M.K.

AUTOMATED DECISION SUPPORT SYSTEM IN THE PROCESS OF SELECTING THE OPTION FOR LOCATION OF AN INDUSTRIAL ENTERPRISE

The choice of methods, which will be the most effective for solving the assigned task, has been carried out. The analysis of alternatives at two levels will be carried out by methods of rational choice and methods of geospatial analysis, which make it possible to determine the best alternative under the conditions of a set of criteria. A functional diagram of decision support with the necessary architectural components is presented. Demonstrated the algorithm of the system with a detailed description of the steps and a written description.

Key words: Automated system, land plot, building structure, planning, decision theory, alternative, system analysis, building information modeling.

Колесников Андрей Валерьевич, к.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Автоматизация и компьютерно-интегрированные технологии» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

E-mail: angeykav@mail.ru.

Kolesnikov Andrey Valerievich, Ph.D., Associate Professor, Head of department "Automation and Computer Integrated Technologies" SEE HT LPR "Luhansk state university after Vladimir Dal", Luhansk.

Компаниец Максим Константинович, студент кафедры «Автоматизация и компьютерно-интегрированные технологии» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

E-mail: akit.lg@ya.ru.

Kompaniets Maksim Konstantinovich, student of the department "Automation and computer-integrated technologies", SEE HT LPR "Lugansk Vladimir Dahl State University".

Рецензент: Витренко Владимир Алексеевич, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Технология машиностроения и инженерный консалтинг» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

Статья подана 28.10.2021 г.

УДК 612.39

ФИЗИЧЕСКАЯ РЕАБИЛИТАЦИЯ ОСТЕОХОНДРОЗА МЕТОДОМ ВАКУУМНОГО МАССАЖА

Кратина И. П., Мечетный Ю.Н., Курах Ю.А.

PHYSICAL REHABILITATION OF OSTECHONDROSIS BY THE METHOD OF VACUUM MASSAGE

Kratinova I.P., Mechetnyy Y.N., Kurakh Y.A.

В статье рассматривается проблема поиска эффективных методов реабилитации лиц, имеющих клинические проявления остеохондроза. Акцентируется внимание на рекомендации применения процедуры динамического и статического вакуумного воздействия для достижения максимально возможных позитивных результатов, наряду с медикаментозной терапией, физиотерапевтическим лечением, вытяжением, лечебной физкультурой при разработке программ индивидуальной реабилитации пациентов с различными проявлениями остеохондроза. Рассматриваются эффекты применения использования вакуумного массажа при остеохондрозе позвоночника.

Ключевые слова: остеохондроз, позвоночник, болевой синдром, вакуумный массаж, вакуумная терапия, гематома, физическая реабилитация.

Введение. Поиск эффективных методов реабилитации лиц, имеющих клинические проявления остеохондроза, приобрело невероятную актуальность. Привычный нездоровый образ жизни современного человека с продолжительными эпизодами нахождения в малоподвижном состоянии, отсутствие эффективных мер профилактики дистрофических изменений в позвоночнике и окружающих его тканях, неуклонное прогрессирование процесса и частая инвалидизация пациентов делают проблему еще актуальнее. Внимание врачей общей практики, неврологов, реабилитологов и массажистов к этой проблеме отражено в многочисленных публикациях последних десятилетий [1, 2, 3, 4, 5].

Появление дистрофических проявлений в позвоночнике и окружающих тканях специалисты регистрируют у детей начиная со среднего школьного возраста. К тридцати годам клинические проявления остеохондроза наблюдаются у 30 процентов населения; к шестидесяти годам более чем 80 процентов населения имеют в анамнезе несколько эпизодов лечения проявлений остеохондроза. Некоторые авторы сообщают о 75-100% наличии симптомов остеохондроза у лиц старше 40 лет.

Боли по ходу позвоночника, где бы они не возникали, всегда резко ограничивают жизнедеятельность, снижают качество жизни, вызывают многочисленные негативные нейровегетативные эффекты во внутренних органах, имитируют развитие патологий со стороны различных систем организма, вызывая со временем изменения психики и поведения. Более чем у половины пациентов, страдающих остеохондрозом позвоночника, имеются признаки хронического эмоционального напряжения, стресса, выраженных вегетативных нарушений с развитием невротоподобных состояний [1, 4].

Клинические проявления остеохондроза с преимущественным поражением поясничного и шейного отделов позвоночника являются одной из наиболее частых причин временной нетрудоспособности среди заболеваний нервной системы, особенно у лиц работоспособного возраста. Это сопровождается стабильно высоким количеством больных трудоспособного возраста, которые становятся инвалидами вследствие частых рецидивов болевого синдрома, и все это происходит несмотря на проведение традиционной консервативной терапии, а также после хирургического лечения. Доля случаев заболевания остеохондрозом позвоночника составляет от 20% до 80% случаев временной нетрудоспособности. В структуре заболеваемости взрослого населения России поясничный остеохондроз составляет 48–52%, занимая первое место по числу дней нетрудоспособности [1, 2].

Изложение основных материалов. Арсенал медикаментозных средств для купирования болевых проявлений остеохондроза включает нестероидные противовоспалительные препараты, анальгетики, спазмолитические и миорелаксирующие средства, витаминные комплексы, биологически активные добавки, местнораздражающие и прочие лекарственные средства. В то же время многообразие фармакологических воздействий не исключают специалистами активного поиска новых средств и методов воздействия на данную проблему, особенно

в сфере возможностей физической реабилитации, коррекции и профилактики.

Большинство пациентов после купирования острого болевого синдрома в условиях поликлинического или стационарно звена оказания медицинской помощи, нуждаются в условиях, когда необходима длительная немедикаментозная коррекция и профилактика, которая осуществляется методами и средствами физической реабилитации.

Хронический характер протекания дистрофических процессов в позвоночнике, межпозвонковых суставах, связках и мышечных цепях характеризуется наличием стойких ограничительных установок в связи с развитием многообразных рефлекторных мышечно-тонических, нейро-васкулярных нарушений, которые сопровождаются ишемизацией и нарушением обменно-трофических процессов в паравертебральных тканях, возникновением стойких спастических изменений в мышечно-связочном комплексе, дегенерации межпозвоночных дисков и связок, появлением вначале разнообразных острых болевых симптомов, а в дальнейшем развития замкнутых болевых ревербирующих контуров.

Современные нефармакологические комплексные методы реабилитации, принятые в общей клинической практике, включают: ортопедическую коррекцию (лечебный воротник, корсеты), вытяжение (тракционную терапию), рефлексотерапию, мануальную терапию, физиотерапевтические процедуры (ультразвуковое воздействие, амплипульс, магнитотерапия, электрофорез и ультразвук с анальгезирующими средствами и лечебными мазями), комплексы лечебной физкультуры, современные технологии тейпирования, вытяжения, грязелечения, гидрореабилитации и др. Наряду с этим остаются актуальными и локальные массажные воздействия, осуществляемые как на зону максимального поражения, так и на сопряженные участки тела.

За последние годы благодаря развитию аппаратных методов воздействия появилась возможность реализации вакуумного статического и динамического воздействия в комплексном подходе по реабилитации пациентов с клиническими проявлениями остеохондроза различных отделов позвоночного столба в стадии нестойкой ремиссии и при хронизации патологического процесса.

Методики применения вакуумного массажа в оздоровительных целях практикуются давно. Известны рекомендации еще древних китайских медиков и целителей по использованию банок, изготовленных из натуральных рогов животных и других природных компонентов. Незаслуженно забытые и обладающие мощным оздоровительным потенциалом вакуумные банки вернулись в современные реабилитационные методики и технологии, переродившись в стекле, металле, силиконе, пластике, и в виде современных аппаратных комплексов вакуумного массажа.

В настоящее время при составлении программ индивидуальной реабилитации включение вакуумного воздействия приобретает необычную актуальность, так как это патогенетически обоснованное воздействие, которое отличается физиологичностью, отсутствием аллергических ответных реакций, органически сочетается с другими лечебными факторами.

Один из основных эффектов воздействия вакуума — это эффект восстановления микроциркуляторного русла, при котором происходит открытие спазмированных артериол и капилляров; вакуум вызывает растяжение, а после возвращение в нормальное состояние лимфатических сосудов и участков венозного русла. Кроме того, при вакуумном воздействии происходит выход за пределы стенок сосудов форменных элементов крови без повреждения самой стенки. Это вызывает эффект освобождения огромного количества биологически активных веществ, медиаторов клеточного обмена, активации регенерации ткани и восстановления «застоявшихся» участков микроциркуляторного русла. Некоторые исследователи описывают эффекты увеличения синтеза оксида азота клетками эндотелия, указывая что данное вещество выступает как один из самых мощных стимуляторов регенерации тканей.

Нередко первые процедуры сопровождаются эффектами возникновения пятен по типу «гематом», которые в специальной литературе называются экстравазатами указывая на различие в происхождении. Специалисты обращают внимание на развитие положительных эффектов так называемой «неинвазивной аутогемотерапии», связывая это с активацией гемоксикиназы-1 и стволовых клеток крови. Стоит отметить, что после нескольких сеансов данные эффекты затухают и результатом вакуумного массажа является яркая и стойкая гиперемия в зоне воздействия, которая отражает восстановление артериального и венозного кровотока в полном объеме.

Все практикующие вакуумный массаж отмечают эффективное снятие местного мышечного напряжения в любых зонах, возникающее после первых процедур и удерживающееся длительное время. Более того, первичная болезненность в зоне стойкого мышечного спазма сменяется местной релаксацией, выбросом в кровь эндорфинов и часто сочетается с последующей общей релаксацией и седацией.

Отсроченные эффекты сеансов вакуумной терапии связывают с запуском адаптационных механизмов нашего организма, который в ответ на данный вид в определенном смысле «гипоксического» воздействия интенсифицирует впоследствии кровоток в данной области и запускает целый каскад реакций восстановления и обновления.

Выводы. Подводя итоги, стоит отметить, что применение вакуумного массажа при остеохондрозе позвоночника позволяет нормализовать

кровообращение, улучшить лимфоотток, уменьшить отечность и проявления хронического воспаления в зоне воздействия, улучшить состояние мышечно-связочного аппарата, снять стойкий спазм паравертебральной мускулатуры, стимулирует выработку биологически активных веществ, улучшает выведение токсических продуктов обмена из пораженных зон, стимулирует нервные окончания, активизирует метаболизм и протекание обменных процессов, запускает процессы регенерации тканей.

Исходя из вышеизложенного, при разработке программ индивидуальной реабилитации пациентов с различными проявлениями остеохондроза, наряду с медикаментозной терапией, физиотерапевтическим лечением, вытяжением, лечебной физкультурой, необходимо рекомендовать процедуры динамического и статического вакуумного воздействия для достижения максимально возможных позитивных результатов.

Литература

1. Белова А. Н. Нейрореабилитация. 3-е изд. Издательство: Москва, 2010 год, ISBN 978-5-94982-048-3.
2. Демиденко Т.Д., Ермакова Н.Г. Основы реабилитации неврологических больных. – СПб: ООО «Изд-во ФОЛИАНТ», 2004. – 304 с.
3. Дривотинов, Б.В. Физическая реабилитация при неврологических проявлениях остеохондроза позвоночника: учеб. пособие. / Дривотинов Б.В., Полякова Т.Д., Панкова М.Д. – Мн.: БГУФК, 2005. – 211 с.
4. Епифанов В. А. Лечебная физическая культура и массаж. – М.: ГЕОТАР – МЕД. 2002. – 558с.
5. Епифанов А.В., Медицинская реабилитация [Электронный ресурс] / Епифанов А. В., Ачкасов Е. Е., Епифанов В. А. - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2015. – 672 с.
6. Олейников А.А., Шумахер Г.И., Восканян Л.Р., Баженов В.Н. Состояние психологического статуса у больных с поясничными радикулопатиями в стадии ремиссии // Современные проблемы восстановительной медицины и курортологии: Материалы III юбилейной научно-практической конференции. – Барнаул, 2005. – С. 159-160.
7. Полякова, Т.Д. Профилактика и реабилитация остеохондроза шейного отдела позвоночника / Т.Д. Полякова [и др.] // Современные проблемы физической реабилитации: сб. науч. ст. / Под ред. Т.Д. Поляковой, М.Д. Панковой. – Мн, 2002. – С. 9–13.
8. Физическая реабилитация С.Н. Попова, А.А. Бирюков, Т.С. Гарасева и др. под редакцией Попова С.Н. издательство «Феникс», Ростов-на-Дону. 2005. – 608 с.

References

1. Belova A.N. Neurorehabilitation. 3rd ed. Publisher: Moscow, 2010, ISBN 978-5-94982-048-3.
2. Demidenko T.D., Ermakova N.G. Fundamentals of rehabilitation of neurological patients. - SPb: LLC "FOLIANT Publishing House", 2004. - 304 p.
3. Drivotinov, B.V. Physical rehabilitation in neurological manifestations of osteochondrosis of the spine: textbook. allowance. / Drivotinov B.V., Polyakova T.D., Pankova M.D. - Minsk: BGUFK, 2005. -- 211 p.
4. Epifanov V. A. Physical therapy and massage. - M.: GEOTAR - MED. 2002. - 558s.
5. Epifanov A. V., Medical rehabilitation [Electronic resource] / Epifanov A. V., Achkasov E. E., Epifanov V.A. - M.: GEOTAR-Media, 2015. -- 672 p.

6. Techniques that increase the effectiveness of visceral therapy. - Novosibirsk: Publishing house "Manuscript", 2017 - 123p.

7. Polyakova, T. D. Prevention and rehabilitation of osteochondrosis of the cervical spine / ETC. Polyakova [et al.] // Modern problems of physical rehabilitation: collection of scientific papers. Art. / Ed. Etc. Polyakova, M.D. Pankova. - Mn, 2002. - S. 9-13.

8. Physical rehabilitation S.N. Popova, A.A. Biryukov, T.S. Garasev and others, edited by S.N. Popov. Phoenix publishing house, Rostov-on-Don. 2005. -- 608 p.

Kratinova I.P., Mechetny Y.N., Kurakh Y.A. **PHYSICAL REHABILITATION OF** **OSTEOCHONDROSIS BY THE METHOD OF** **VACUUM MASSAGE**

The article deals with the problem of finding effective methods for the rehabilitation of persons with clinical manifestations of osteochondrosis. Attention is focused on the recommendation to use the procedure of dynamic and static vacuum exposure to achieve the maximum possible positive results, along with drug therapy, physiotherapy, traction, physiotherapy exercises in the development of individual rehabilitation programs for patients with various manifestations of osteochondrosis. The effects of the use of vacuum massage for osteochondrosis of the spine are considered.

Key words: osteochondrosis, spine, pain syndrome, vacuum massage, vacuum therapy, hematoma, physical rehabilitation.

Кратинова Ирина Петровна, к. мед. н., доцент кафедры физической реабилитации ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.
E-mail: karmapeme@gmail.com

Kratinova Irina Petrovna, PHD, docent of the kafedry physical rehabilitation, SEE HT LPR "Lugansk Vladimir Dahl State University".

Мечетный Юрий Николаевич, доктор медицинских наук, профессор, зав. кафедрой физической реабилитации ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».
E-mail: yrymechetny@rambler.ru

Mechetny Yuri Nikolaevich, Doctor of Medical Sciences, Professor, Head, Department of Physical Rehabilitation, SEE HT LPR "Lugansk Vladimir Dahl State University".

Курах Юлия Анатольевна, старший преподаватель кафедры физической реабилитации ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.
E-mail: slautinaula@gmail.com

Kurakh Yuliya Anatolyevna, senior lecturer of the kafedry physical rehabilitation, SEE HT LPR "Lugansk Vladimir Dahl State University".

Рецензент: Харьковский Роман Геннадиевич, профессор, директор института государственной службы и управления ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 10.09.2021

УДК 681.51

ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛИ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОТЛОАГРЕГАТОВ ВОДОГРЕЙНОГО ТИПА

Кучер В. П., Шаповалов В. Д.

RESEARCH OF THE MODEL OF DYNAMIC CHARACTERISTICS OF WATER-TYPE BOILER UNITS

Kucher V.P., Shapovalov V.D.

Статья посвящена задаче описания динамических характеристик и разработке динамической модели водогрейного котлоагрегата – основного элемента теплоснабжающей котельной. Разработана компьютерная модель в первом приближении и приведены переходные характеристики на примере котлоагрегата КБНГ-2,5, которая дает возможность моделировать котел не только по определенному каналу, но и по изменению нескольких параметров процесса в любой момент времени, даже одновременно.

Изменяя численные значения технических характеристик котлоагрегата, можно получить модель любого реально существующего водогрейного котлоагрегата.

Ключевые слова: водогрейный котел, теплоноситель, математическая модель, управляемые объекты, динамические характеристики

Введение. Основным элементом теплоснабжающей котельной является водогрейный котел. Тепловая нагрузка котельной непрерывно меняется, а, следовательно, и котлоагрегат почти все время находится в переходных режимах. Для успешного управления и автоматизации технологического процесса подогрева теплоносителя на котельной возникает потребность в установлении динамических свойств ее основного агрегата – водогрейного котла [2].

Сегодня динамика водогрейных котлоагрегатов средней мощности исследована недостаточно. Преимущественно исследуют процессы горения и возможности уменьшения тепловых потерь за счет улучшения процессов горения, на основе анализа состава уходящих дымовых газов [3]. Также ведутся исследования, направленные на улучшение процессов теплообмена на основе температуры уходящих дымовых газов. Водогрейный котлоагрегат преимущественно исследуют по каждому виду потерь тепла отдельно, а не анализируют как единую, взаимосвязанную установку. Глубокие же исследования преимущественно направлены на анализ мощных

паровых котлоагрегатов крупных предприятий и ТЭЦ [4].

Целью работы является установление динамических свойств водогрейного котлоагрегата как единого, взаимосвязанного объекта управления по всем управляющим и возмущающим воздействиям и построение его математической модели. Полученная модель должна быть универсальной, то есть пригодной для описания как мощных водогрейных котлов, так и котлов средней и малой мощности.

Нами были проведены исследования динамических свойств водогрейного котлоагрегата как единого, взаимосвязанного объекта управления по всем управляющим и возмущающим воздействиям и построена его математическая модель на основании уравнения динамики для температуры прямой сетевой воды:

$$\frac{dT_2}{dt} = \frac{1}{V \cdot \rho \cdot c} \frac{d(G_n \cdot q \cdot \eta - c \cdot G_{т.н.} \cdot \Delta T)}{dt}, \quad (1)$$

где G_n – массовый расход топлива; q – удельная теплота сгорания топлива (теплотворная способность); η – КПД котла; c – удельная теплоемкость теплоносителя; $G_{т.н.}$ – массовый расход теплоносителя; T_2, T_1 – температура прямой сетевой и обратной воды соответственно; $\Delta T = T_2 - T_1$.

Решением этого уравнения является интеграл от правой части, то есть:

$$T_2 = \int \frac{P_1 - P_2}{V \cdot \rho \cdot c} dt. \quad (2)$$

Сегодня за счет развития вычислительной техники и программного обеспечения для реализации численных методов появляется возможность не решать дифференциальное уравнение по каждой переменной, а ввести его

полностью в программу математического моделирования со всеми составляющими [5].

Для создания математической модели на основе уравнения (2) можно воспользоваться, например, программным продуктом Simulink Matlab [6].

Программная реализация уравнения (2) приведена на рис. 1.

Работает эта компьютерная модель так. На входы 7 и 8 поступают сигналы об объемном расходе газа Q_{gas} , и плотности газа ro_{gas} соответственно. С помощью блока 3 происходит перемножение данных сигналов и на выходе формируется сигнал о массовом расходе газа G_{gas} , который поступает на блок 4. Также на блок 4 из входов 9 и 10 поступают сигналы о теплоте сгорания газа q_{gas} и КПД котла – KKD .

В блоке 4 происходит перемножение всех трех сигналов, в результате чего на выходе блока 4 получаем значение мощности, полученной в результате сгорания топлива P_1 , значение которой поступает на выход подсистемы 3.

На входы 3 и 5 поступают сигналы об объемном расходе теплоносителя $Qt.n$ и плотности теплоносителя $ro_{t.n}$ соответственно. С помощью блока 1 они перемножаются, в результате чего получаем значение массового расхода теплоносителя $Qt.n$. Блок 5 вычисляет разницу температур прямой сетевой ($T2$) и обратной ($Tобp$) воды, и полученное значение $delta\ T$ подается на вход блока 6 и на выход 2 подсистемы. Также на вход блока 6 подается значение массового расхода теплоносителя $Qt.n.$, в результате чего на выходе блока 6 вычисляется произведение массового расхода теплоносителя на разницу температур, и полученный сигнал $Gt.n.*deltaT$ поступает на вход блока 8. Блок 8 делит этот сигнал на произведение значений объема котла V и плотности теплоносителя $ro_{t.n}$, полученных с помощью блока 2. В результате на выходе блока 8 формируется отношение мощности P_2 к $V\cdot\rho\cdot c$ – сигнал $P2/(V*ro*c)$. Аналогично на выходе из блока 9 получаем отношение мощности P_1 к $V\cdot\rho\cdot c$ – сигнал $P1/(V*ro*c)$. Блок 10 осуществляет вычитание второго сигнала из первого, а блок 11 – интегрирование полученной разницы. Кроме того, на вход блока 11 x_0 подается сигнал о начальных условиях интегрирования с входа 1 подсистемы в виде сигнала $Tнач$. Физический смысл этого сигнала – это начальная (в момент розжига котла) температура воды, которая находится в котле. В результате интегрирования на выходе блока 11 получаем значение температуры прямой сетевой воды $T2$, которое поступает на выход 1 подсистемы.

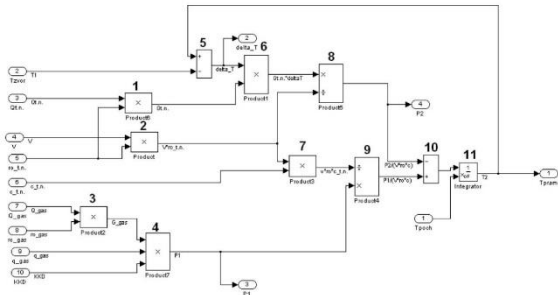


Рис. 1. Программная реализация уравнения динамики

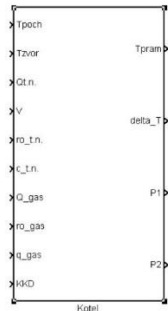


Рис. 2. Подсистема модели водогрейного котлоагрегата

В уравнении (2), а следовательно, и в модели не учитываются тепловая инерционность металлических частей котлоагрегата, скорость теплопередачи (как конвективной, так и радиационной), смешивания обратной воды с водой, содержащейся в котлоагрегате.

Теперь введем в модель параметры реального водогрейного котла марки КБНГ-2,5 с паспортными характеристиками, приведенными в таблице ниже.

Таблица

Паспортные характеристики котлоагрегата КБНГ-2,5	
Расход топлива, м³/ч, не более (при $Q_{H^C} = 35615$ кДж / м³)	316
Вид топлива: природный газ ГОСТ 5542-87	
Коэффициент полезного действия, %	93
Максимальная температура воды на выходе из котла, °C	95
Температура обратной воды перед котлом, °C, не менее	50
Расход воды, м³ / ч, не менее (при $\Delta t = 25^{\circ}C$)	100
Объем водогрейного котла, м³	1,06

Для удобства работы с моделью вышеприведенная структура уравнения (2) объединена в один блок в виде подсистемы которая изображена на рис. 2. Смоделируем канал "расход природного газа – температура прямой сетевой воды", изменив расход топлива в начальный момент на номинальной – 316 м³/ч (0,087 м³/с), а затем (через 250 с) уменьшив расход газа. При этом все остальные параметры будут постоянными и равны номинальному значению. Полученные переходные характеристики приведены на рис. 3.

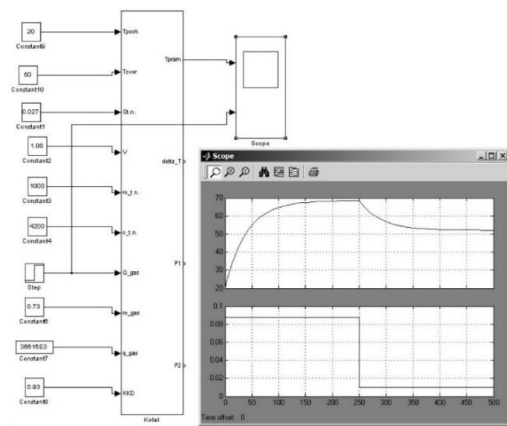


Рис. 3. Переходные характеристики по каналу "Расход газа – температура прямой сетевой воды"

Теперь смоделируем объект управления по основному возмущению – температуре обратной воды (тепловой нагрузке), изменив ее ступенчато в момент времени 250с с 65°C до 50°C. Полученная переходная характеристика приведена на рис. 4.

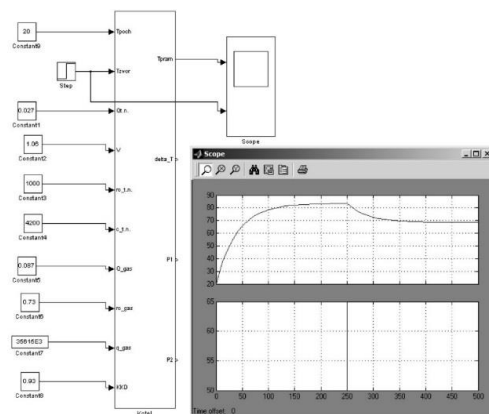


Рис. 4. Переходные характеристики по каналу возмущения

И, наконец, смоделируем аварийный режим, когда в результате остановки циркуляционных насосов прекращается движение теплоносителя ($G_{т.н.} = 0$) и отсутствует тепловая нагрузка – вода с выхода котла попадает сразу на вход. В таком режиме $P2 = 0$. Полученные результаты приведены на рис. 5.

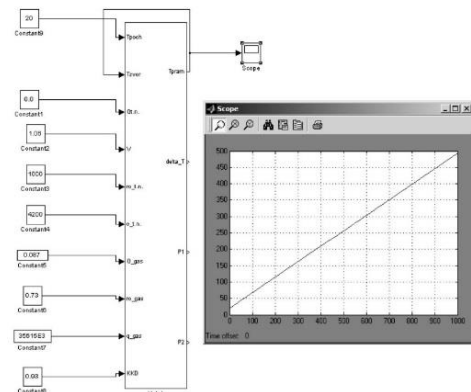


Рис. 5. Переходные характеристики при отсутствии тепловой нагрузки

Эта характеристика показывает, что в таком режиме котел представляет собой интегрирующее звено. В реальных условиях в таком режиме произойдет взрыв котла.

Выводы. 1. Полученная модель не учитывает некоторые параметры, а именно: тепловую инерционность металлических частей котлоагрегата, скорость теплопередачи, процесс смешивания обратной воды с водой, содержащейся в котлоагрегате, зависимость КПД от тепловой нагрузки котла, изменение плотности и теплоемкости теплоносителя в результате теплового расширения и т.д., однако эта модель является гибкой и имеет возможность учесть эти факторы, задав их константами и введя зависимости, описывающие изменение этих параметров в зависимости от режима работы котла, а также усложнив модель, введя в нее соответствующие звенья, описывающие эти физические процессы.

2. В отличие от моделей, где объекты управления описываются с помощью функций передачи, мы можем моделировать котел не только по определенному каналу, но и по изменению нескольких параметров процесса в любой момент времени, даже одновременно.

3. Полученная модель пригодна для моделирования систем управления технологическими процессами: введя в модель обратные связи и модели измерительных преобразователей, исполнительных механизмов, заслонок, трубопроводов и т.п., мы можем смоделировать работу САР по любым законам регулирования.

4. Полученная модель является универсальной: изменив численные значения технических характеристик котлоагрегата, можно получить модель любого реально существующего водогрейного котлоагрегата.

Л и т е р а т у р а

1. Бенькович Е.С., Колесов Ю.Б., Сенюченков Ю.Б. Практическое моделирование динамических систем. – СПб.: БХВ-Петербург, 2002. – 464 с.
2. Зыков А.К. Паровые и водогрейные котлы: Справочное пособие. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 128 с.
3. Лумми А.П., Мунц В.А. Расчет водогрейного котла: учебное электронное текстовое издание. Екатеринбург, Изд-во ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2009. – 41 с.
4. Охлопкова О.А. Тепловая электростанция (ТЭЦ): учебное пособие. – М., 2019. – 70 с.
5. Семакин И.Г., Хеннер Е.К. Информационные системы и модели. Элективный курс: Учебное пособие. – М.: БИНОМ, Лаборатория знаний, 2005. – 309с.
6. Черных И.В. Simulink: среда создания инженерных приложений. учебно-справочное пособие. Под общ. ред. к. т. н. В. Г. Потемкина. — М.: Диалог-МИФИ, 2003. – 496 с.

References

1. Ben'kovich E.S., Kolesov Ju.B., Senjuchenkov Ju.B. Prakticheskoe modelirovanie dinamicheskikh sistem. SPb.: BHV-Peterburg, 2002. 464 s.

2. Zykov A.K. Parovye i vodogreynye kotly: Spravochnoe posobie. – M.: Jenergoatomizdat. 1987. – 128 s.

3. Lummi A.P., Munc V.A. Raschet vodogrejnogo kotla. Uchebnoe jelektronnoe tekstovoe izdanie. Ekaterin-burg, Izd-vo GOU VPO UGTU-UPI, 2009. – 41 s.

4. Ohlopko O.A. Teplovaja jelektrostancija (TJeC): Uchebnoe posobie. – M.: 2019. – 70 s.

5. Semakin I.G., Henner E.K. Informacionnye sistemy i modeli. Jelevivnyj kurs: Uchebnoe posobie. M.: BINOM, Laboratorija znaniy, 2005. – 309s.

6. Chernykh I.V. Simulink: sreda sozdaniya inzhenernykh prilozhenij. Uchebno-spravochnoe posobie. Pod obshh. red. k. t. n. V. G. Potemkina. — M.: Dialog-MIFI, 2003. – 496 s.

Kucher V.P., Shapovalov V.D.

RESEARCH OF THE MODEL OF DYNAMIC CHARACTERISTICS OF WATER-TYPE BOILER UNITS

The article is devoted to the problem of describing the dynamic characteristics and the development of a dynamic model of a hot-water boiler unit - the main element of a heat-supplying boiler house. A computer model has been developed in the first approximation and transient characteristics are given for the example of the KBNG-2.5 boiler, which makes it possible to simulate the boiler not only along a certain channel, but also by changing several process parameters at any time, even simultaneously.

By changing the numerical values of the technical characteristics of the boiler, it is possible to obtain a model of any actually existing hot water boiler.

Key words: hot water boiler, heat carrier, mathematical model, controlled objects, dynamic characteristics

Кучер Василий Павлович, ассистент кафедры автоматизации и компьютерно-интегрированных технологий ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск

Kucher Vasily Pavlovich, assistant department of automation and computer-integrated technologies, SEE HT LPR "Lugansk Vladimir Dahl State University".

Шаповалов Валентин Дмитриевич, к.т.н. доцент кафедры автоматизации и компьютерно-интегрированных технологий ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск

Shapovalov Valentin Dmitrievich, Candidate of Sciences, a docent department of automation and computer-integrated technologies, SEE HT LPR "Lugansk Vladimir Dahl State University".

Рецензент: Витренко Владимир Алексеевич, проректор по научной работе и инновационной деятельности, заведующий кафедры «Технология машиностроения и инженерный консалтинг» Луганского государственного университета им. В. Даля д.т.н., профессор

Статья подана 15.10.2021

УДК 101.1:316.4

КОММЕРЧЕСКАЯ РЕКЛАМА В УПРАВЛЕНИИ ПОВЕДЕНИЕМ ПОТРЕБИТЕЛЯ В СОВРЕМЕННОМ СОЦИУМЕ

Лобовикова Е.А.

THE COMMERCIAL ADVERTISING AS ELEMENT OF BEHAVIOR CONSUMER IN MODERN SOCIETY

Lobovikova E.A.

В статье представлен анализ коммерческой рекламы в системе массовых коммуникаций и управлении общественным сознанием. В условиях трансформации социума возрастает роль рекламы как одного из важнейших социальных институтов, передающих информацию о доминирующих в обществе поведенческих установках, системе ценностей и характеристиках социального статуса. Именно в периоды социальных изменений особенно остро ощущаются потребности общества в непрерывной трансмиссии доминирующих ценностей, в передаче социального наследия от одного поколения к другому. Отражая ценности культуры, и транслируя их в средствах массовой информации, реклама выступает как инструмент управления поведением потребителя.

При создании коммерческой рекламы используются такие приемы, как использование семантических средств воздействия; создание дизайна рекламных сообщений; транслирование стереотипных эмоционально насыщенных образов. Коммерческая реклама предлагает приобрести не просто товар, а новые качества, которые приписываются покупателю в современном обществе потребления. Автором доказывается, что коммерческая реклама является эффективным инструментом воздействия на поведение потребителя в современном социуме.

Ключевые слова: реклама, коммерческая реклама, рекламная кампания; потребитель, управление, социальный процесс, социальное пространство, сознание.

Введение. В современном обществе потребления все большую роль приобретают вопросы продвижения предлагаемых потребителю товаров и услуг. Реклама пронизывает всю нашу жизнь, внедрившись не только в сферу торгово-экономических отношений, но и в сферу эмоционально-ценностных категорий. Особенность рекламы как социального института проявляется в том, что реклама, в символическом пространстве которой отражаются доминирующие в социуме ценности, выступает как инструмент манипуляции, направленный на поддержание и сохранение традиционно существующих в данном обществе социальных моделей и норм поведения; а также реклама выступает инструментом воздействия на уже

сложившуюся в социуме систему ценностей, внедряя в общественное сознание определенные идеи, ценности, образцы поведения.

Коммерческая реклама – не просто сообщение, которое привлечет внимание целевой аудитории к товару или услуге, а спланированная целенаправленная деятельность по созданию благоприятного имиджа товара или услуги, в результате чего у потенциального потребителя формируется общее позитивное восприятие объекта рекламы. Это тот комплекс действий, тщательное планирование которого сегодня необходимо для того, чтобы в мощном информационном потоке за рекламным шумом потребитель не просто увидел объект рекламы, но и выбрал именно его. В современном социальном пространстве рекламная деятельность представляет собой одну из важнейших функций, напрямую влияющих и на развитие компаний. Причем влияние и эффективность грамотного и целенаправленного применения рекламных технологий показывает свою обоснованность во многих сферах жизнедеятельности социума.

Отметим, что коммерческая реклама выступает как инструмент формирования массовой культуры. Реклама выработала способы воздействия на поведение индивида и групп людей и за весьма длительную историю своего существования, минуя путь от информирования к наставлению, к выработке условного рефлекса, к подсознательному внушению. В связи с вышеизложенным актуализируется исследование коммерческой рекламы как инструмента воздействия на поведение потребителя в социуме.

Анализ публикаций по проблеме исследования. Теоретико - методологические подходы к исследованию рекламы представлены в трудах зарубежных исследователей Г. Армстронга, С. Блэка, Ф. Джефкинса, Ф. Котлера и других. К. Хопкинс отмечает, что первостепенной и приоритетной задачей любой рекламы является

продажа товара или услуги. Именно эти задачи решает коммерческая реклама.

Вопросы теории и практики коммерческой рекламы вызвали интерес большого количества зарубежных ученых: И. Гофмана, Г. Лассуэлла, Г. Маркузе, П. Лазарсфельда, Р. Мертона и др.[1]. Исследователи рассматривали рекламу как элемент современных «медиа» и анализировали в комплексе массовой коммуникации. Так, в концепции И. Гофмана реклама описана как пример влияния на впечатления и модели поведения людей, при этом исследователь называет рекламу искусством «коммерческого реализма». Согласно определению И. Гофмана, «коммерческий реализм» – это «стандартная трансформация, применяемая в современной рекламе при изображении социума» [10, с.84.]

В ряде аспектов «коммерческий реализм» рекламы отличается от того способа самовыражения, который используют индивиды в повседневной жизни. В своих исследованиях О. Б. Максимова отмечает: «...повседневная деятельность человека подчинена строгим правилам, то есть в высокой степени ритуализирована; люди живут и действуют в окружении идеальных социальных типов, демонстрируя окружающему миру не свою индивидуальность, а стереотипные изображения самих себя в виде матрицы – клише. В рекламе, по своей сути являющейся «гиперритуализацией» действительности, вышеуказанный механизм приобретает утрированный характер. В повседневном общении индивиды, пытаясь продемонстрировать при помощи ритуалов поведения идеальные социальные типы, не могут в достаточной степени отредактировать свое поведение» [3, С.169].

На территории постсоветского пространства в процессе развития рыночных отношений возникла потребность изучить и проанализировать особенности отечественного опыта в сфере рекламы – этот вопрос продемонстрирован в работах: следующих российских ученых В. П. Голубкова, В.П. Коломийца, Е.М. Каневского, В. П. Конецкой, И. В. Крылова, В. В. Леоненко, О. Б. Максимова, Е. В. Ромата, А. Е. Толкачева и др. [3,5,6,7,8,9]. Большинство современных исследователей признает, что реклама оказывает значительное влияние на социум.

Для современной науки характерно уделять особое внимание вопросам анализа рекламной аудитории, направленной коммуникации, в основе которой максимально быстрое воздействие на потребителя путем сообщения ему информации, побуждающей к приобретению определенного товара или услуги.

Цель коммерческой рекламы — доведение до максимально широкого круга потенциальных потребителей информации о конкретных товарах и услугах. Реклама в глазах представителя целевой аудитории повышает ценность рекламируемого товара. Таким образом, коммерческая реклама — это тактический инструмент продвижения компаний, товаров и услуг, воздействующий на потребительские

ожидания и мотивации извне. Целевая аудитория коммерческой рекламы идентифицируется по определенным качествам или характеристикам (B2C-ориентированные кампании, B2B- ориентированные, кампании, предполагающие работу со смешанной целевой аудиторией). Этими общими признаками могут быть любые изначально заданные характеристики, начиная от пола, возраста, принадлежности к определенным партиям, выбору вида транспорта и т.д. Для того чтобы получить максимальный эффект, воздействие коммерческой рекламы должно оказываться на все сегменты целевой аудитории. При этом важно также учитывать и ключевую аудиторию — группу людей, при помощи которых возможно достигнуть наиболее эффективного воздействия на целевую аудиторию, и лидеров общественного мнения — людей, которые оказывают прямое либо косвенное влияние на формирование мнений других людей и целевой аудитории в целом. Функции коммерческой рекламы позволяют дифференцировать способы управления сознанием и поведением потребителя. С помощью функции статусного потребления, идентификации, регулирования и механизма осведомленности коммерческая реклама инициирует распространение духовных, моральных, социальных и личных символов, знаков, ценностей. У функции идентификации коммерческой рекламы есть особая миссия, заключающаяся в создании иллюзии принадлежности. Человек проецирует на себя любое явление или событие среды, запуская механизм участия при акте покупки товара.

Поскольку носителем общественного мнения является не индивид или их совокупность, а масса, сами оценки и суждения усредняются, приобретают анонимный характер, и вместе с этим насыщаются символикой, которая дает большие возможности для манипулирования массами. И мы должны понимать, что без учета стереотипов общественного мнения об эффективной рекламной кампании говорить невозможно.

Механизм воздействия коммерческой рекламы представляется нам как система приемов и принципов, которые способны привлекать и удерживать внимание, а также оказывать влияние на человека. Р. Мокшанцев отмечает, что реклама воздействует на эмоциональное и рациональное восприятие потребителем: «...своей убедительностью и силой эмоционального воздействия реклама вносит изменения в систему ценностей человека, апеллируя к его бессознательному восприятию эстетического мира» [4, с. 26].

Реклама как коммуникационный продукт оказывает существенное влияние на потребителя — формирует модель поведения, образ жизни, моду и др. В телевизионной, аудиорекламе, интернет-рекламе и других используются модели скрытого управления потребительским поведением. Классическая рекламная модель AIDA описывает последовательность событий, ведущих к принятию

решения о покупке (внимание → интерес → потребность → действие). Также используются модели, построенные на глубинной мотивации покупателя с применением различных психологических приемов.

Привлечение внимания – это первый этап в механизме рекламного воздействия на реципиента. Внимание запускает процесс восприятия рекламы, при этом сознание направляется на объект рекламы. Интерес фокусирует внимание, управляет процессом восприятия, провоцируя познавательную активность. Проявление эмоций происходит за счет психологического воздействия на реципиента. Убеждение – это прямое донесение мысли, сопровождаемое фактами и доказательствами. Цель сводится к тому, чтобы убедить потребителя в необходимости правильной модели поведения или информировании об опасности деструктивного поведения. Принятие решения в классическом понимании рекламы – это готовность реципиента приобрести продукт или услугу. Действие заключается изменением модели поведения, актом приобретения рекламируемого товара.

Рассмотрим примеры коммерческой рекламы в г. Луганске, оказывающей воздействие на эмоциональную составляющую потребителя, убеждая потребителя совершить акт покупки: «Мы продаем не товар, а счастье» – слоган, подтверждающий эмоциональное состояние потребителя в случае приобретения рекламируемого товара.

Коммерческая реклама предлагает приобрести не просто товар, а новые качества, которые приписываются покупателю в современном обществе потребления. Реклама использует готовые стереотипы, фактически акцентирует и активно внедряет их в сознание реципиента.

Таким образом, в медиaprостранстве современного социума потребление моделей поведения осуществляется путём симуляции благодаря имитации событий, ценностей в знаково-символической форме. Исследуя социальное пространство, Ж.Бодрийяр использует понятие «симулякр», изучая такой феномен рекламы, как симуляция заботы о человеке. Современная коммерческая реклама активно использует символы и рекламные образы, стереотипы, которые являются симулякрами. Мир образов коммерческой рекламы представляется как модель идеального сосуществования человека и продуктов человеческой цивилизации. Действительно, в рекламе нет негативных образов, нет, например, голодных, нет антигероев. Рекламный мир – это мир гармонии человека и окружающего мира, в том числе вещей. Рекламируемая вещь предстает как нечто, способное внести в этот мир долгожданный покой и гармонизировать отношения человека и среды.

Каждый человек создает свой собственный образ социальной реальности – субъективную реальность, которая возникает в результате воздействия на его сознание объективной реальности. Потребитель – это

среда реальности, источник и центр интеграции нескольких виртуальных измерений как идеал, воплощенный в коммуникативном пространстве современности, который приобретает реальность в результате действия своего волевого акта – покупки рекламируемого товара.

Отметим, коммерческая реклама предлагает потребителю прогресс и усовершенствование, а также возможность решения проблем благодаря приобретению товаров/услуг. Посредством рекламы создается иллюзия наибольшей достоверности, поскольку идеалы и ценности, используемые в рекламном тексте, посвящены пропаганде покупки товаров и услуг, то есть достижению материального благополучия.

Благодаря коммерческой рекламе существует такое явление, как имитация образа жизни, мимесис, подбор социальных «масок» для разных социальных групп. Релятивизация ценностей, дисквалификация рефлексивности утверждает безволие человека, превращает его в объект потребления, мягко принимающего правила массовой культуры, которая выступает сферой действия коммерческой рекламы. Реклама действует как повторитель положительных и отрицательных коннотаций. В силу своих функций она несет дополнительные смыслы. Как следствие – искажение и приумножение смыслов, идей, интересов, ценностей, формируется фрагментированная социальная идентичность. Вместо целостных и последовательных образов, построенных системно, наполненных смыслом и содержанием, появляется фрагментарное, мозаичное, поверхностное, противоречивое представление действительности. Благодаря рекламе появляются негативные способы формирования социальной идентичности, которые формируются под социальным давлением, которые демонстрируются соответствующими рекламными кодами.

Выводы. Таким образом, в современных условиях одним из эффективных инструментов воздействия на поведение потребителей и формирования новых социальных ценностей в социуме является реклама. Исследуя управленческий потенциал коммерческой рекламы, большинство исследователей признают, что реклама способна оказывать значительное влияние на социум, являясь одним из основных факторов формообразующего воздействия.

В социальном пространстве при осуществлении рекламной коммуникации одни аспекты социально-ролевой структуры преувеличиваются, другие – преуменьшаются, таким образом, возникающая в сознании потребителя картина мира является недостаточно полной. Посредством рекламы становится возможным манипулировать социальными ценностями аудитории, преследуя при этом свои цели, что в результате приводит к внедрению стереотипов в общественное сознание. Отметим, что особенностью коммерческой рекламы является ее направленность на массовое сознание и коллективное поведение,

удовлетворяющее фундаментальную потребность субъекта в коммуникации. Рекламисты используют разные психологические приемы для привлечения внимания, вызывают интерес, формируют потребность и призывают к действию – управляют сознанием и поведением потребителя. При этом применяются вербальные и невербальные каналы передачи рекламного сообщения, различная цветовая гамма, музыкальное сопровождение и др. Реклама существенно влияет на способы построения личности, ее приоритеты и ценности, моральные установки и убеждения.

Отметим, что коммерческая реклама продвигает конкретный товар или услугу, доводя информацию о них максимально широкому кругу аудитории, но направлена на действие потребителя – покупку товара или услуги. В результате ее воздействия появляются новые стили, социальные стереотипы, при этом индивид пытается идентифицировать себя с эталоном устойчивого образа жизни заданной социально-культурной идентичности. Таким образом, реклама как коммуникационное средство оказывает влияние на общественное сознание и поведение потребителя, реализуя способность манипуляции потребителем.

Л и т е р а т у р а

1. Докторов Б. З. Реклама и опросы общественного мнения в США: История зарождения. Судьбы творцов. – М., 2008. – 160 с.
2. Котлер Ф. Управление рекламой, стимулированием сбыта и связями с общественностью. Маркетинг. Менеджмент. – СПб., М., Харьков, Минск, 2003. – С.585-622.
3. Максимова О. Б. Гендерные стереотипы в рекламе: постановка проблемы и основные концепции // Вестник РУДН. – 2002. – № 1. – С. 169-173.
4. Мокшанцев Р. Психология рекламы / Р. Мокшанцев. – М.: Сибирское соглашение. – 2009. – 282 с.
5. Основы рекламы: учебное пособие / А. В. Костина, Э. Ф. Макаревич, О. И. Карпукhin. – 2-е изд., доп. – М.: КНОРУС, 2008. – 400 с.
6. Пискунова М. И. Социальная реклама как феномен общественной рефлексии // Паблик рилейшнз и реклама в системе коммуникаций. – М.: Индекс Медиа, 2004 – 241 с.
7. Рогожин М. Ю. Теория и практика рекламной деятельности: учеб. пособие. – М.: Издательство РДЛ, 2014. – 312 с.
8. Ромат Е. В. Реклама. Виды рекламы в современном мире. – СПб: Питер 2015. – 237 с.
9. Сергиенко Е. С. Технологии разработки и реализации рекламных компаний // Вестник ВГУ. – 2009. – № 2. – С. 69-76.
10. Goffman E. Gender Advertisements. - N.Y., Hagerstown, San Francisco, London: Harper & Row, 1979.

R e f e r e n c e s

1. Doktorov B. Z. Reklama i oprosy obshchestvennogo mneniia v SShA: Istoriia zarozhdeniia. Sudby tvortcov. – M., 2008 – 160 s.
2. Kotler F. Upravlenie reklamoi, stimulirovaniem sbyta i sviaziami s obshchestvennostiu. Marketing. Menedzhment. – SPb., M., Kharkov, Minsk, 2003. – S.585—622.
3. Maksimova O. B. Gendernye stereotipy v reklame:

postanovka problemy i osnovnye kontseptcii // Vestnik RUDN. – 2002. – №1. – S. 169-173.

4. Mokshantcev R. Psikhologiya reklamy / R. Mokshantcev. – M.: Sibirskoe soglasenie. – 2009. – 282 s.
5. Osnovy reklamy: uchebnoe posobie / A. V. Kostina, E. F. Makarevich, O. I. Karpukhin. – 2-e izd., dop. – M.: KNORUS, 2008 – 400s.
6. Piskunova M. I. Sotsialnaia reklama kak fenomen obshchestvennoi refleksii // Pablik rileishnz i reklama v sisteme kommunikatsii. – M.: Indeks Media, 2004 – 241 s.
7. Rogozhin M. Iu. Teoriia i praktika reklamnoi deiatelnosti: ucheb. posobie. – M.: Izdatelstvo RDL, 2014. – 312 s.
8. Romat E. V. Reklama. Vidy reklamy v sovremen- nom mire. – SPb: Piter 2015. – 237 s.
9. Sergienko E. S. Tekhnologii razrabotki i realizatsii reklamnykh kompanii // Vestnik VGU. – 2009. – № 2. – S. 69-76.
10. Goffman E. Gender Advertisements. - N.Y., Hagerstown, San Francisco, London: Harper & Row, 1979.

Lobovikova E.A.

THE COMMERCIAL ADVERTISING AS ELEMENT OF BEHAVIOR CONSUMER IN MODERN SOCIETY

The article considers the commercial advertising in the system of mass communications and management of public consciousness. In the context of the transformation of society, the role of advertising is increasing as one of the most important social institutions that transmit information about the dominant behavioral attitudes in society, the value system and characteristics of social status. It is during periods of social change that the needs of society for the continuous transmission of dominant values, for the transmission of social heritage from one generation to another, are especially acutely felt. Reflecting the values of culture and broadcasting them in the media, advertising acts as a tool for managing consumer behavior.

When creating commercial advertising, such techniques are used as the use of semantic means of influence; creation of advertising message design; broadcasting stereotypical emotionally rich images. Commercial advertising offers to purchase not just a product, but new qualities that are attributed to the buyer in the modern consumer society. The author proves that commercial advertising is an effective tool for influencing consumer behavior in modern society.

Keywords: advertising, commercial advertising, advertising campaign; consumer, management, social process, social space, consciousness.

Лобовикова Елена Александровна, кандидат социологических наук, доцент, заведующий кафедрой рекламы и PR-технологий, ГОУК ЛНР «Луганская государственная академия культуры и искусств им. М. Матусовского», г. Луганск, ЛНР.
E-mail: lobovikova@yandex.ru

Lobovikova Elena Alexandrovna, Candidate of Sociological Sciences, Associate Professor, head of department of advertizing and PR- technologies, SEIC LPR «Lugansk State Academy of Culture and Art named after M.Matusovsky», Lugansk, LPR.

Рецензент: Воеводин Алексей Петрович, д.филос.н., профессор, заведующий кафедрой культурологии ГОУК ЛНР «Луганская государственная академия культуры и искусств им. М.Матусовского».

Статья подана 19.09.2021 года

УДК 658.7:65.012.34: 338.5: 334.723: 330.46: 519.87

**THE MAIN PROVISIONS OF THE MATHEMATICAL APPARATUS OF
THE THEORY OF SUPPLY CHAINS.
PART I**

Maliy V.V., Maliy D.V., Shcholokov V.S.

**ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО
АППАРАТА ТЕОРИИ ЦЕПЕЙ ПОСТАВОК.
ЧАСТЬ I**

Малый В.В., Малый Д.В., Щелоков В.С.

The work is consistently carried out the axiomatic approach to the theory of economic analysis, which reflects a qualitative change in the structure of economic relations between the subjects of the globalized world market. The subject of study in an axiomatic theory of economic analysis (ATEA) are simple or branched chain global financial-productive relations, and the object of study is the process of reviving, which is the placement and operation of logistics systems in global chains.

Key words: globalization, analysis, logistics, local chain of financial-production relations, technological and commercial extension, parametric sequence.

Introduction. Development of the world economy at the end of XX – beginning XXI centuries takes place in the direction of economic activity unification, including production processes and legal security of the international common market. It was initiated by the globalization – by the natural process of relaxation (smoothing), typical to every complex conservative system, to world economy in particular. The mechanism of relaxation must provide the equilibrium state of mega economy thanks to action of smoothing factors, affecting all the fields of international economic cooperation in commercial, financial-economical, industrial, investment and cultural spheres. In spite of distinctions in the levels of integration potential all the subjects of the world market (separate enterprises, firms, corporations, countries) must follow common laws determined by the regularities in the development of global economy. In the given work the idea of two different levels of such regularities is examined: regularities of the first level are related to the forming simple and branched global chains of financial-production relations, and the second – with the improvement of global chains and formation of the absolute global chains. All the theoretical researches conducted in this work are based on the assumption, that in the conditions of globalization transformations international economic activity becomes the basic type

of economic activity and, obviously, will become a unique kind, when the globalization will exhaust the reformative resource. Such situation requires the improvement of foundation of economic analysis theory, especially as the representatives of modern theoretical-economic schools of the world level in the works on the problems of the integrated economy use traditional approaches, analyzing economic activity of subjects of the world market out of connection with a global economic environment or only marking such communication [1 - 7].

The development of the idea of “integrating” regularities resulted in creation of axiomatic theory of economic analysis (ATEA) with principle new logistics conception (the ERC conception), a central place in which is given to the economic registration certificate (ERC) having six registration-analytical forms ERC1-ERC6 [8, 9].

Formulation of the problem. Accounting and economic analysis of enterprises serving the world market will be the logically conditioned operation, if it is the structural element of the conceptually formed economic policy. Here we develop the analytical scheme of the axiomatic theory of economic analysis (ATEA) within the framework of which it is possible to harmonize the relations of enterprise-producer A of products X , made partially or fully from raw material Y , bought in at an enterprise-supplier B , with subsequent realization of it at the market C . Thus, the use of symbols A, B, C, X, Y suggests wide interpretation of terms which are designated by them. So “enterprise-producer” A includes a production enterprise and financial institutions investing production; under raw “material” Y we understand both real raw materials, and a different set of parts etc.

Results. *Definition 1.* well – arranged set of subjects of economic activity $\{B, A, C\}$ is named the local chain of financial-production relations (l.c. FPR)

with elements B, A, C . arranged pairs of elements $\{B, A\}$, $\{A, C\}$ are named *the elementary structures of financial-production relations* (e.s. FPR). elements B, A, C are named accordingly *subjected, active-subjected* and *active* depending on arrangement relations.

Definition 2. Symbol in terms of

$$B \xrightarrow{Y} A \xrightarrow{X} C, \quad (1)$$

where arrows point to the movement of raw material Y and products X between the elements l.c. FPR, is called *the diagram of local chain of financial-production relations* (d.l.c. FPR). Expressions

$B \xrightarrow{Y} A$, $A \xrightarrow{X} C$ are named *the links* of diagram (1).

We notice here, that in general case raw material Y is p -component: $Y = (Y^1, Y^2, \dots, Y^p)$, where Y^i , $i = 1, 2, \dots, p$ – is qualitatively different components. At the beginning we consider the case of one-component raw material $Y \equiv Y^1$.

Element B in (1), being subjected in this diagram, in its turn can form elementary structures or local chain, presented as active in the proper diagrams. In this case instead of symbol B we use symbols $A * B$ or $C * B$ depending on that, whether enterprise B produces products Y or resells it. The proper elementary structures and local chain of financial-production relations have a form

$$\begin{aligned} (a) & \{B_1, A * B\}; \\ (b) & \{B_1, C * B\} \\ (c) & \{B_2, A * B_1, C * B\}. \end{aligned} \quad (2)$$

Definition 3. The use in the local chain of financial-production relations (1) of the new elementary structures and local chains (2) is named its *extension*.

For example, by the extension l.c. FPR (1), caused by expression (c) in (2), we have an expression

$$\{B_2, A * B_1, C * B, A, C\}. \quad (3)$$

with a diagram

$$B_2 \xrightarrow{Y_1} A * B_1 \xrightarrow{Y} C * B \xrightarrow{Y} A \xrightarrow{X} C.$$

It is easily to see from this diagram, that enterprise $A * B_1$ produces Y from Y_1 , and intermediary company $C * B$ resells raw material Y to the enterprise-producer A .

Extension l.c. FPR (1) can be conditioned by three factors:

1. By the technological requirements connected with the multi-staged process of production of raw material Y .

2. By commercial interests effecting introduction in l.c. FPR intermediary firms with the functions of resale, logistics service etc.

3. By simultaneous action of logistics the reasons described in the first two points.

Let the process of production of raw material Y be n -staged with qualifiedly different states Y_k , $k = 0, 1, 2, \dots, n$. It means that in an elementary structure $\{A * B_{k+1}, A * B_k\}$ a qualitative transformation Y_{k+1} in Y_k , $k = 0, 1, \dots, n-1$ takes place; thus, we suppose $B_0 \equiv B$, $A * B_n \equiv B_n$, $Y_0 \equiv Y$.

Definition 4.

Extension

$\{B_n, A * B_{n-1}, \dots, A * B_1, A * B, A, C\}$ l.c. FPR (1), caused by the technological requirements n - staged process of production of raw material Y , is named *maximal technological extension*. Number n is called a *technological parameter Y* and is designated $n_{tec}(Y)$.

We give the diagram of maximal technological extension l.c. FPR (1):

$$B_n \xrightarrow{Y_n} A * B_{n-1} \xrightarrow{Y_{n-1}} \dots \xrightarrow{Y_2} A * B_1 \xrightarrow{Y_1} A * B \xrightarrow{Y} A \xrightarrow{X} C. \quad (4)$$

Definition 5. Extension of maximal technological extension of local chain financial-production relations (1) is named its *commercial extension*.

Comparing the *Definition 4* and *5* it is easily to notice that commercial extension differs only from the maximal technological extension l.c. FPR that in the first one the elements $C * B_k$ appear designating intermediary firms. For illustration of these definitions, we will consider the next example. Let the technological requirements be characterized by a parameter $n_{tec}(Y) = 2$. Then the maximal technological extension l.c. FPR (1), in accordance with *Definition 4*, will have a form

$$\{B_2, A * B_1, A * B, A, C\},$$

and one of its commercial extensions can have an expression

$$\{B_3, C * B_2, A * B_1, A * B, A, C\},$$

that correspond to *Definition 5*.

Definition 6. Well-arranged set of elements $\{Y'_p, Y'_{p-1}, \dots, Y'_1, Y, X\}$,

where $Y'_m \in \{Y_j\}_{j=1}^{n_{tec}(Y)} \cup \{Y\}$, $m = 1, 2, \dots, p$,

corresponding to arbitrary local chain expansion of financial-production relations (1), is named *products indicator X with respect to raw material Y* and is

designated $ind X/Y \stackrel{def}{=} \{Y'_p, Y'_{p-1}, \dots, Y'_1, Y, X\}$.

Integer $p+1$ is named *the indicator factor* and

designated $f(ind X/Y) \stackrel{def}{=} p+1$. For maximal technological or commercial extension, the expression $f_{tec}(ind X/Y)$ or $f_{com}(ind X/Y)$.

Lemma 1. Indicator factor of the maximal technological extension l.c. FPR (1) is equal to $n_{tec}(Y)+1$, and the indicator factor of its commercial extension exceeds $n_{tec}(Y)+1$.

Proof. Statements of lemma are obvious, as according to **Definitions 4–6** at maximal technological extension $p = n_{tec}(Y)$, and at commercial extension $p > n_{tec}(Y)$. A lemma is proved.

It is easily to see that any extension l.c. FPR (1) is isomorphism in the sense of keeping line order to the indicator. Therefore, it is possible to speak about an indicator $ind X/Y$ as the extension l.c. FPR, and ordered pairs $\{Y'_k, Y'_{k-1}\}$, $k=1, 2, \dots, p$ to name elementary structures. Thus, it is necessary to keep in mind the following *rules of diagram technique*:

R1. If in an elementary structure $\{Y'_k, Y'_{k-1}\}$, $Y'_k \neq Y'_{k-1}$ and $k \neq p$, then it needs the symbol $\xrightarrow{Y'_k} A * B_{k-1} \xrightarrow{Y'_{k-1}}$ in the proper diagram of $ind X/Y$, and at $k = p$ – symbol $B_p \xrightarrow{Y'_p} A * B_{p-1} \xrightarrow{Y'_{p-1}}$.

R2. If in an elementary structure $\{Y'_k, Y'_{k-1}\}$, $Y'_k = Y'_{k-1}$ and $k \neq p$, then it needs the symbol $\xrightarrow{Y'_k} C * B_{k-1} \xrightarrow{Y'_{k-1}}$, in the proper diagram $ind X/Y$ and at $k = p$ – symbol $B_p \xrightarrow{Y'_p} C * B_{p-1} \xrightarrow{Y'_{p-1}}$.

We show on a particular example, as these rules of diagram technique work. Let $ind X/Y = \{Y_3, Y_3, Y_2, Y_1, Y, X\}$. We write out the diagram which corresponds to it, taking into account that $f(ind X/Y) = 6$. We have

$$\begin{aligned} B_5 &\xrightarrow{Y_3} C * B_4 \xrightarrow{Y_3} A * B_3 \xrightarrow{Y_2} A * B_2 \xrightarrow{Y_1} \\ A * B_1 &\xrightarrow{Y} C * B \xrightarrow{Y} A \xrightarrow{X} C. \end{aligned}$$

Definition 7. Maximal technological extension or commercial extension of local chain of financial-production relations (1) is called *the simple global chain of financial-production relations* (s.g.c. FPR).

We consider the general case now, when raw material Y in some “technological” state is multicomponent.

Definition 8. If at the technological extension l.c. FPR (1) some its element $A * B_k$, $k = 0, 1, 2, \dots$ initiates creation of two or more *branches* – independent maximal technological extension, than newly formed extension of local chain is named *branching technological extension*, and element $A * B_k$ – *magistral* (M -element).

In connection with the introduction of **Definition 8** we do a number of explanations. It is easily to see that product indicator X with respect to raw material Y without taking into account branches has an expression

$ind X/Y = \{Y_k, Y_{k-1}, \dots, Y_1, Y, X\}$ and if M -element $A * B_k$ forms p branches, than raw material Y_k is a result of “processing” p component $Z^1, Z^2, \dots, Z^p$ at an enterprise $A * B_k$. In this case it is possible to speak about an indicator m -components Z^m , $m = 1, 2, \dots, p$,

$ind Z^m = \{Z^m_{n_m}, Z^m_{n_m-1}, \dots, Z^m_1, Z^m\}$ and about the factor of its indicator $f_{tec}(ind Z^m) = n_m = n_{tec}(Z^m)$.

Lemma 2. Technological extension l.c. FPR (1) up to M -element is maximal.

Proof. Indeed, let the branch l.c. FPR (1) begin with M -element $A * B_k$. Then the proper technological extension has a kind of

$$\{A * B_k, A * B_{k-1}, \dots, A * B_1, A * B, A, X\}. \quad (5)$$

We write out the indicator of extension (5)

$$ind X/Y = \{Y_k, Y_{k-1}, \dots, Y_1, Y, X\}, \quad (6)$$

where $Y_i \neq Y_j$, if $i \neq j$ any $Y_i \neq Y$, $i = 1, 2, \dots, k$. According to **Definition 4**, extension (5) with regard (6) is maximal and is characterized by a technological parameter $n_{tec}(Y) = k$. A lemma is proved.

Definition 9. The indicator of products X with respect to raw material Y of branching technological extension l.c FPR (1) is named expression

$$Ind X/Y \stackrel{def}{=} \left\{ \begin{matrix} indZ^1 \\ \dots\dots\dots \\ indZ^p \end{matrix} \middle| ind X/Y \right\}. \quad (7)$$

The factor of indicator (7) is the number

$$F_{tec} \left(Ind X/Y \right) \stackrel{def}{=} \sum_{m=1}^p f_{tec} (indZ^m) + f_{tec} (ind X/Y) + 1. \quad (8)$$

Determining the technological parameter of the branching technological extension l.c. FPR (1) by equality

$$\tilde{n}_{tec}(Y) \stackrel{def}{=} \sum_{m=1}^p n_{tec}(Z^m) + n_{tec}(Y) + 1, \quad (9)$$

it is easily to find, based on *Lemma 1* and taking into account structure (8), that

$$F_{tec} \left(Ind X/Y \right) = \tilde{n}_{tec} + 1 = \sum_{m=1}^p n_m + k + 2. \quad (10)$$

Definition 10. Maximal technological extension (5) with M -element $A * B_k$ is called a *magistral* of branching technological extension of local chain of financial-production relations (1).

By virtue of *Definition 8,10* branching technological extension l.c. FPR (1) is a set of $p+1$

branches, one of which is a *magistral*, and other p - *side* branches.

Definition 11. Extension of local chain of financial-production relations (1) by means of the introduction of an element of kind $C * B_m$ at least in to one of branches of its branching technological extension is named *branching commercial extension of local chain of financial-production relations*.

If the commercial extension l.c. FPR has p side branches, its indicator $Ind X/Y$ has a kind (7), and the indicator factor is given by equality

$$F_{com} \left(Ind X/Y \right) \stackrel{def}{=} \sum_{m=1}^p f (indZ^m) + f (ind X/Y) + 1 \quad (11)$$

where f equals f_{com} or f_{tec} depending whether the proper side branch or magistral contains commercial elements or not.

Definition 12. Branching technological extension or branching commercial extension of local chain of financial-production relations (1) is named *the branching global chain of financial-production relationships* (b.g.c. FPR) with the indicator factor (8) or (11).

Using the *Definition 1-12* it is easily to make the form of the ERC1 economic registration certificate (ERC), in which industrial specification of the global chain FPR is reflected tabl.1.

Table 1

ERC1 form of the economic registration certificate

ERC1			
Economic registration certificate of simple global chain of financial-production relations			
№	Industrial specification		
	Conditional designation	Name	Description
1	X	Produced products	
2	Y	Used raw material	
3	$n_{tec}(Y)$	Technological parameter	n
3.1	Y_n	n - stage	
3.2	Y_{n-1}	$n - 1$ - stage	
...	...	...	...
3.n	Y_1	1 - stage	
4	$ind X/Y$	Indicator of products	$\{ Y'_p, Y'_{p-1}, \dots, Y'_1, Y, X \}$
4.1	Y'_p	p - stage	
4.2	Y'_{p-1}	$p - 1$ - stage	
...	...	...	...
4.p	Y'_1	1 - stage	

On the basis of the diagram technique rules R1, R2 and tabl.1 content of the form ERC2 (production structure) is determined (tabl.2).

Table 2

ERC2 form of the economic registration certificate

ERC2		
Economic registration certificate of simple global chain of financial-production relations		
№	Production structure	
	Conditional designation	Description
1	$\{B_n, A*B_{n-1}, ..., A*B_1, A*B, A, C\}$	
1.1	B_n	
1.2	$A*B_{n-1}$	
...	...	
1.n	$A*B_1$	
1.n+1	$A*B$	
1.n+2	A	
1.n+3	C	
2	$\{B_p, ..., A*B_i, ..., C*B_j, ..., A, C\}$	Commercial extension
2.1	B_p	
...	...	
2.k	$A*B_i$	
...	...	
2.l	$C*B_j$	
...	...	...
3	$B_p \xrightarrow{Y'_p} ... \xrightarrow{Y'_{i+1}} A*B_i \xrightarrow{Y'_i} ... \xrightarrow{Y'_{j+1}} C*B_j \xrightarrow{Y'_j}$ $\xrightarrow{Y'_j} ... \xrightarrow{Y} A \xrightarrow{X} C$	Diagram of commercial extension

Definition 13. The number of the elements s.g.c. FPR or b.g.c. FPR (without a market C) is named the volume of the proper global chain and is designated N or $\tilde{N}$. The volume of s.g.c. FPR is equal

$$N = F\left(\text{ind } X/Y\right) + 1, \quad (12)$$

and the volume of b.g.c. FPR is equal

$$\tilde{N} = \sum_{m=1}^p N^m + N^M, \quad (13)$$

where N^m – the volume of side branch

$$N^m = F\left(\text{ind } Z^m\right) + 1, m = 1, 2, ..., p, \quad (14)$$

and N^M – the volume of magistral

$$N^M = F\left(\text{ind } X/Y\right) + 1. \quad (15)$$

Taking into account equalities (8), (11), (14), (15), and also Definition 12, on the basis of (13) we get

$$\tilde{N} = F\left(\text{Ind } X/Y\right) + p. \quad (16)$$

We notice here, that all symbols in formulas (12) – (16) have the double value; for example, N equals N_{tec} or N_{com} depending on the character of the extension of l.c. FPR, and etc.

Definition 14. Quantity N_c or $\tilde{N}_c$, equals to the difference between the volumes of extension of local chain of financial-production relations (1) commercial and technological at forming according by simple or branching chain, is named the level of commercialization of global chain, i.e.

$$N_c \stackrel{\text{def}}{=} N_{com} - N_{tec}, \quad (17)$$

or

$$\tilde{N}_c \stackrel{\text{def}}{=} \tilde{N}_{com} - \tilde{N}_{tec}. \quad (18)$$

Definition 15. A quantity

$$\chi \stackrel{\text{def}}{=} \frac{N_c}{N_{com}}, \quad (19)$$

or

$$\tilde{\chi} \stackrel{\text{def}}{=} \frac{\tilde{N}_c}{\tilde{N}_{com}}, \quad (20)$$

is named *the degree of commercialization* of simple or branching global chain of financial-production relations.

Thus, by *Definition 14,15*, level of commercialization $N_c(\tilde{N}_c)$ – is *absolute number* of commercial companies in the structure of the proper global chain, and degree of commercialization $\chi(\tilde{\chi})$ is *the portion* of such companies in a volume $N_{com}(\tilde{N}_{com})$.

Definition 16. The number of intermediary firms being on one enterprise in maximal technological extension

$$r \stackrel{\text{def}}{=} \frac{N_c}{N_{tec}}, \quad (21)$$

or

$$\tilde{r} \stackrel{\text{def}}{=} \frac{\tilde{N}_c}{\tilde{N}_{tec}}, \quad (22)$$

is named *the coefficient of instability* of simple or branching global chain of financial-production relations.

Definition 17. A quantity reverse to the coefficient of instability (21) or (22) is named *the coefficient of competitiveness* of simple or branching global chain of financial-production relations, i.e.

$$k \stackrel{\text{def}}{=} \frac{1}{r}, \quad (23)$$

or

$$\tilde{k} \stackrel{\text{def}}{=} \frac{1}{\tilde{r}} \quad (24)$$

For maximal technological extensions we suppose

$$k = \infty, \tilde{k} = \infty. \quad (25)$$

Definition 18. The series of kind

$$P.S.(S) \stackrel{\text{def}}{=} (f_{tec}, f_{com}, N_{tec}, N_{com}, N_c, \chi, r, k) \quad (26)$$

or

$$P.S.(B) \stackrel{\text{def}}{=} (F_{tec}, F_{com}, \tilde{N}_{tec}, \tilde{N}_{com}, \tilde{N}_c, \tilde{\chi}, \tilde{r}, \tilde{k}) \quad (27)$$

is named *the parametrical series* of simple or branching global chain of financial-production relations.

In expressions (26), (27) for simplicity we write

$f_{tec} = f_{tec} \left(\text{ind } X/Y \right)$, $f_{com} = f_{com} \left(\text{ind } X/Y \right)$ and etc.

Theorem 1. In subset $(\chi, r, k) \subset P.S.(S)$ the

task of one parameter simply determines others.

Proof. Taking into account equality (23) it is enough to show that parameters χ and r are connected by simple correlation. On the basis of foundation (17), (19), (21) it is easily to get the chain of equalities

$$\begin{aligned} \chi &= \frac{N_c}{N_{com}} = \frac{N_c}{N_{com} + N_c} = \\ &= \frac{N_c}{N_{tec}} \cdot \frac{1}{1 + \frac{N_c}{N_{tec}}} = \frac{r}{1+r} \end{aligned} \quad (28)$$

On transitiveness in (28) we get

$$\chi = \frac{r}{1+r}. \quad (29)$$

Transforming equality (29) in relation to r we have

$$r = \frac{\chi}{1-\chi} \quad (30)$$

and, finally, on the basis of (23), (29), (30) we find

$$\chi = \frac{1}{1+k} \quad (31)$$

$$k = \frac{1}{\chi} - 1. \quad (32)$$

A theorem is proved.

Remark. Obviously, that parameters $\tilde{\chi}, \tilde{r}, \tilde{k}$ from $P.S.(B)$ (27) satisfy to equations (29)-(32).

Corollary the theorem 1. Analyzing the second from equalities (28) it is possible to make a conclusion that change of level of commercialization N_c on a value ΔN_c leaves coefficients unchanged r , k and χ only in case if volume N_{tec} of maximal technological extension will change on a value

$$\Delta N_{tec} = \left(\frac{1}{\chi} - 1 \right) \Delta N_c.$$

Theorem 2. Task of any two parameters from subset $(f_{tec}, f_{com}, N_{tec}, N_{com}, \chi) \subset P.S.(S)$

determines simply all parametrical series $P.S.(S)$ (26).

Proof. On the basis (17), (12) we get

$$N_c = f_{com} - f_{tec}, \quad (33)$$

$$N_{com} = f_{com} + 1. \quad (34)$$

Substituting (33), (34) in the first from equalities in (28), we find

$$\chi = \frac{N_c}{N_{com}} = \frac{f_{com} - f_{tec}}{f_{com} + 1} = \frac{N_c}{N_{tec} + N_c}. \quad (35)$$

Assertion of theorem follows from the chain of equalities (35). Thus, it is necessary to take into account relation (30), (32). A theorem is proved.

Remark. The premise and corollary of the Theorem 2 can be restated for $P.S.(B)$ (27). Thus, the chain let of equalities corresponds to expression (35)

$$\tilde{\chi} = \frac{\tilde{N}_c}{\tilde{N}_{com}} = \frac{F_{com} - F_{tec}}{F_{com} + p} = \frac{\tilde{N}_c}{\tilde{N}_{tec} + \tilde{N}_c}. \quad (36)$$

Graphic illustration of corollary of the Theorem 1 is shown in Fig.1.

As indicated Fig.1 changing parameter χ from 0 to χ_{cr} coefficient of competitiveness k diminishes from ∞ to 1, and coefficient of instability r is increased from 0 to 1. At reduction χ from χ_{cr} to a 1 coefficient k diminishes from 1 to 0, and coefficient r is increased from 1 to ∞ . This situation is characteristic as for s.g.c. FPR, so for b.g.c. FPR.

Definition 19. Value of degree of commercialization $\chi_{cr} = 1/2$ or $\tilde{\chi}_{cr} = 1/2$, dividing an *evolutional* region $(0, \chi_{cr})$ and *crisis* region $(\chi_{cr}, 1)$, at which the values of coefficients of competitiveness and instability coincide $k = r = 1$ or $\tilde{k} = \tilde{r} = 1$, is named *the point of structural crisis* of simple or branching global chain of financial-production relations.

Role of parametrical series (26) by definition of the structure character s.g.c. FPR is show in Table. 3.

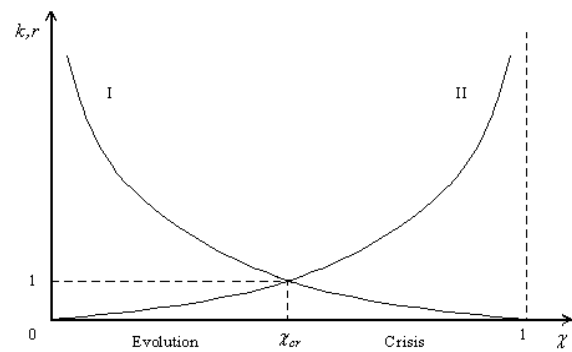


Fig.1. Dependence curves of coefficient of competitiveness k (I) and coefficient of instability r (II) from the degree of commercialization χ s.g.c. FPR with the point of structural crisis χ_{cr}

According to Table.3 a perfection of structure of simple or branching global chain of financial-production relations must be conducted in direction from the state C5 to the state E5.

Researching branching global chains of financial-production relations we use the special rules of the diagram technique applied for drafting of diagrams *compact and expanded*.

R3. Side branch b.g.c. FPR will correspond to *semi-bold segment* or *arc* with pointing of direction of motion component of products and its indicator produced in them.

R4. Magistral of b.g.c. FPR will be represented by *the bold directed segment* with pointing of products of indicator in relation to the used raw material.

As illustration of the rules R3 and R4 we consider the compact diagrams of b.g.c. FPR, shown in Fig.2.

Table 3

Classification of s.g.c. FPR on the basis of P.S.(S)

№	Value of the coefficients P.S.(S)			Character of the FPR structure	
	χ	r	k	Conditional denotation	Name
1	(0;0,1]	(0;0,11]	[9;∞)	E5	Evolution
2	(0,1;0,2]	(0,11;0,25]	[4;9)	E4	
3	(0,2;0,3]	(0,25;0,43]	[2,33;4)	E3	
4	(0,3;0,4]	(0,43;0,67]	[1,5;2,33)	E2	
5	(0,4;0,5]	(0,67;1]	[1;1,5)	E1	
6	(0,5;0,6]	(1;1,5]	[0,67;1)	C1	Crisis
7	(0,6;0,7]	(1,5;2,33]	[0,43;0,67)	C2	
8	(0,7;0,8]	(2,33;4]	[0,25;0,43)	C3	
9	(0,8;0,9]	(4;9]	[0,11;0,25)	C4	
10	(0,9;1]	(9;∞]	[0;0,11)	C5	

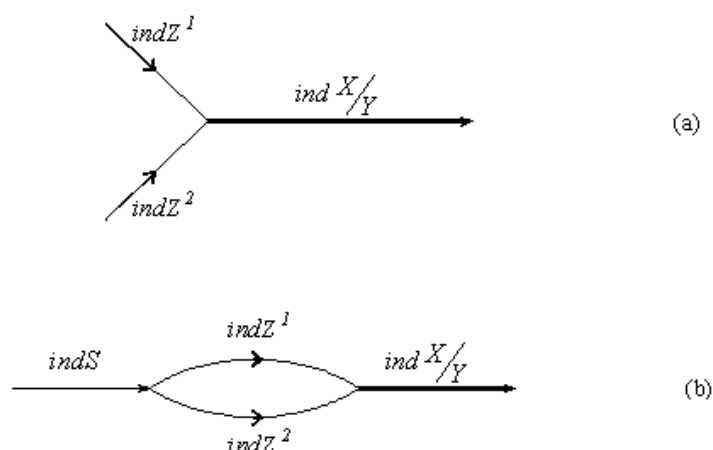


Fig.2. Compact diagrams of branching global chains of financial production relationships with two (a) and three (b) side branches

Using the rules R1 and R2 of the elementary structures image it is easily to make the *expanded* diagrams b.g.c. FPR, represented on a Fig. 2 compact diagrams (a) and (b). With this aim we write out the obvious type of the proper indicators. Let, for example.

The *Definitions 13-19* allow to fill the form ERC3 (parametrical series) (Tabl.4).

$$\begin{aligned}
 ind\ X/Y &= \{Y_1, Y_1, Y, X\}, \\
 indZ^1 &= \{Z_1^1, Z_1^1, Z^1\}, \\
 indZ^2 &= \{Z_2^2, Z_1^2, Z^2\}, \\
 indS &= \{S_1, S\}.
 \end{aligned}
 \tag{37}$$

Table 4

ERC3 form of the economic registration certificate

ERC3			
Economic registration certificate of simple global chain of financial-production relations			
№	Parametrical series P.S.(S)		
	Conditional denotation	Name	Value
1	$f_{tec}(ind\ X/Y)$	Factor of indicator of maximal technological expansion	$n+1$
2	$f_{com}(ind\ X/Y)$	Factor of indicator of commercial expansion	$p+1$
3	N_{tec}	Volume of maximal technological expansion	$f_{tec} + 1$
4	N_{com}	Volume of commercial expansion	$f_{com} + 1$
5	N_C	Level of commercialization	$N_{com} - N_{tec}$
6	χ	Degree of commercialization	$\frac{N_C}{N_{com}}$
7	r	Coefficient of instability	$\frac{N_C}{N_{tec}}$
8	k	Coefficient of competitiveness	$\frac{N_{tec}}{N_C}$

Remark. Interest for research has local chain FPR (1) in the case when the produced products X is a

multicomponent $X = (X^1, X^2, \dots, X^n), n \geq 2$. Thus used raw material Y it must be p - component

$Y = (Y^1, Y^2, \dots, X^p)$, $p \geq n$ and extension of local chain begins with M – element A , forming the branching global chain of financial-production relations with p side branches and *degenerative* magistral $\{A, C\}$. Descriptions of such b.g.c. FPR in natural way are modified. So, for example $\text{ind } X/Y = \emptyset$, $f_{\text{tec}}(\text{ind } X/Y) = 0$, $N^M = 1$ and etc. But, of course, and in the case of multicomponent products it is possible to apply a previous diagram to examine n independent local chains

$$B \xrightarrow{Y^i} A \xrightarrow{X^i} C, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (38)$$

with the proper technological and commercial extensions.

Conclusions. Conceptual method, used in this work, allows to emphasize as object of the axiomatic theory of the economic analysis (ATEA) simple or branching a global chain of the financial-production relations. researches s.g.c. FPR or b.g.c. FPR will be done in the terms of the economic al registration certificate (ERC), which formation will be completed in the second part of work.

References

1. Martin Ch. Logistics and Supply Chain Management. L.: Prentice Hall, 1998. – 387 p.
2. Oliver N., «JIT: Issues and Items for the Research Agende International Journal of Physical Distributions and Logistics Management», Joule 1990, p. 3-10.
3. Rutherford M. Institutions in Economics. The Old and The New Institutionalism. Cambridge. 1995. P. 135.
4. Berry J., Girard G., Perras C. Logistics Planning Shifts into Revers // Journal of European Business, September – October, 1993, p. 35.
5. Dixon L., Porter A.M., JIT II: Revolution in Buying and Selling (Newton, MA: Cannors Publishing Company, 1994). – 325 p.
6. James R. Stock and Douglas M. Lambert, Strategic Logistics Management, Fourth Edition, (New York, McGraw-Hill, 2001), 872 pp.
7. Douglas M. Lambert. “Logistics Cost, Productivity and Performance Analysis”, in the Logistics Handbook. – New York: Free Press, 1994. – p.264 – 265.
8. Bellman R. and Danskin J.M. A Survey of Mathematical Theory of Time Lag, Retarded Control, and Hereditary Processes, the RAND Corporation, R – 256, 1954. – 243 p.
9. Мальный В.В. Аналитико-графическая модель операционного менеджмента универсальных логистических систем /В.В. Мальный, Д.В. Мальный, В.С. Щелоков // Вестник Луганского национального университета имени Владимира Даля. – 2020. – № 2 (32). – С. 91 – 106.

Мальный В.В., Мальный Д.В., Щелоков В.С.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО АППАРАТА ТЕОРИИ ЦЕПЕЙ ПОСТАВОК. ЧАСТЬ I

В работе последовательно проводится аксиоматический подход к теории экономического анализа, отражающий качественное изменение структуры экономических отношений между субъектами глобализованного мирового рынка. Объектом изучения в аксиоматической теории экономического анализа (АТЭА) являются простые и разветвленные глобальные цепи финансово-производственных отношений, а предметом исследования является процесс ривайвинга, то есть размещение и функционирование логистических систем в глобальных цепях.

Ключевые слова: глобализация, анализ, логистика, локальная цепь финансово-производственных отношений, технологическое и коммерческое расширение, параметрический ряд.

Мальный Вячеслав Вадимович, канд. тех. наук, доцент кафедры прикладной математики ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.
E-mail: maly_2006@ukr.net.

Maliy Vyacheslav Vadimovich, candidate of engineering sciences, associate professor of department of the applied mathematics of SEE HT LPR "Lugansk Vladimir Dahl State University".

Мальный Дмитрий Вячеславович, канд. тех. наук, доцент кафедры прикладной математики ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.
E-mail: dmitriy.malyy@gmail.com

Maliy Dmitriy Vyacheslavovich, candidate of engineering sciences, associate professor of department of the applied mathematics of SEE HT LPR "Lugansk Vladimir Dahl State University".

Щелоков Вадим Сергеевич, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры прикладной математики ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.
E-mail: vishnyadol@rambler.ru

Shcholokov Vadim Sergeevich, candidate of physical and mathematical sciences, associate professor of department of the applied mathematics of SEE HT LPR "Lugansk Vladimir Dahl State University".

Рецензент: Гутько Юрий Иванович, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой промышленного и художественного литья ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 15.09.2021

УДК [378.011.3-05:796.035]:001.89

ПОНЯТИЕ «ГОТОВНОСТЬ» И СТРУКТУРА НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ У БАКАЛАВРОВ АДАПТИВНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ

Мелешко Е.А.

THE CONCEPT OF «REPAREDNESS» AND STRUCTURE OF RESEARCH ACTIVITIES FOR BACHELORS OF ADAPTIVE PHYSICAL EDUCATION

Meleshko E.A.

Статья носит теоретический характер, здесь проводится разбор понятия «готовность» и определения «структура» научно-исследовательской деятельности у бакалавров адаптивной физической культуры. Общее понятие готовности определяется с точки зрения психологии и педагогики, а также определяются особенности данных понятий в научно-исследовательской деятельности у студентов адаптивной физической культуры. Обосновываются структура научно-исследовательской деятельности по определенным компонентам и принципам, выработанным в педагогической науке.

Ключевые слова: готовность, структура, научно-исследовательская деятельность, компоненты, принципы, адаптивная физическая культура.

Введение. Современная стратегия развития высшего профессионального образования ставит новые требования к подготовке выпускников. Одной из главных задач развития системы высшего профессионального образования, становится вовлеченность студентов и преподавателей в фундаментальные и прикладные исследования, и, соответственно, одно из ведущих мест в процессе высшего образования занимает научно-исследовательская деятельность студентов.

В бакалавриате логическим завершением образования становится защита собственной «Выпускной квалификационной работы» как теоретического, так и практического научного исследования самого студента.

Студенты бакалавриата адаптивной физической культуры в научно-исследовательской деятельности должны уметь определять, разбирать и самостоятельно разрабатывать современные проблемные ситуации в различных видах адаптивной физической культуры. В собственной научно-исследовательской работе они должны формировать цели, задачи, методы исследования по решению проблемных ситуаций, определенных темой исследования самой «Выпускной квалификационной работы» (ВКР). При разрабатывании планов, этапов исследования использовать адекватные поставленным задачам

методы исследования, в том числе из смежных областей знаний. Уметь интерпретировать результаты собственных исследований, выявлять их практическую значимость, предлагать пути внедрения полученных результатов научных исследований в практику адаптивной физической культуры [1, с. 32-33].

В настоящее время научно-исследовательская работа студентов преследует следующие цели:

- расширить и углубить знания студентов в области теоретических основ, получить определенные практические навыки самостоятельной научно-исследовательской деятельности;

- проводить научные поиски для решения актуальных задач, выдвигаемых наукой с учетом практической направленности исследований;

- выработать навыки изложения результатов собственных научных исследований (отчеты, рефераты, доклады и др.) и способность аргументировано отстаивать – защищать полученные результаты исследований;

- внедрить новые информационные технологии при проведении научно-исследовательской работы студентов;

- формировать системную методологию познания разнообразных объектов, принципов и способов в научно-исследовательской деятельности в процессе образования [4; 5].

Целью настоящей работы является теоретический разбор понятий «готовность» и «структура» научно-исследовательской деятельности у бакалавров адаптивной физической культуры.

Результаты исследований. Определение готовности к различным направлениям педагогической деятельности исследуется в отечественной науке с 20-х гг. XX века. Готовность рассматривалась как совокупность теоретических знаний, умений и навыков в трудах П.П. Блонского, Н.К. Крупской, А.С. Макаренко.

С 50-х гг. прошлого столетия более подробно разбирается готовность именно к научно-

исследовательской деятельности в исследованиях Б.Г. Ананьева, Ю.К. Бабанского, А.А. Бодалева, А.А. Деркача, Е.А. Климова, В.А. Сластенина, В.В. Серикова.

С XXI века понятию готовности студентов к научно-исследовательской деятельности в образовательном процессе посвящены работы Б.Ш. Баймухамбетовой, И.В. Поповой, Т.Е. Климовой, И.А. Сычковой, Ю.А. Чехонадской и других.

В психолого-педагогических аспектах формирования готовности к научно-исследовательской деятельности в теории педагогики накоплен значительный объем знаний с точки зрения различных аспектов деятельности:

- как о социальном явлении (Г.М. Андреева, Л.М. Архангельский, Т.К. Ахаян, А.Н. Леонтьев, Б.Т. Лихачев и др.);

- как о социальном действии (В.И. Загвязинский, А.К. Кан-Калик, Т.И. Шамова и др.);

- как о форме активного отношения субъекта деятельности к окружающему миру (К.А. Абульханова-Славская, Е.В. Бондаревская, М.Я. Виленский, А.В. Кирьякова и др.);

- как средство формирования ценностных приоритетов общества (Б.С. Гершунский, В.И. Гинецинский, С.К. Бондырева, М.С. Каган, В.А. Караковский, В.Д. Колесов и др.) [6; 7].

В психологической теории понятие «готовность» используется в основном с целью обозначения осознанной готовности личности к оценкам определенных ситуаций и поведению. Самооценки должны быть обусловлены предшествующим опытом и определяться как predisposition субъекта ориентировать свою деятельность определенным образом.

В.А. Сластенин, говоря о готовности к деятельности, подразумевает «особое психическое состояние, наличие у субъекта образа структуры определенного действия и постоянной направленности сознания на его выполнение». Готовность включает в себя различного рода установки на осознание поставленной задачи, модели поведения, определение способов деятельности, самооценку своих возможностей в их соотношении с трудностями и необходимостью достижения определенного результата». В своих исследованиях автор доказывает, что готовность представляет собой не просто целостное состояние личности, но также выражает нравственные характеристики ее направленности, сознания, стиля мышления, гражданскую и профессиональную позицию [7; 10].

Соответственно можем определить, что готовность к научно-исследовательской деятельности у бакалавров адаптивной физической культуры следует разбирать с точки зрения психологии и педагогики, так как подготовка будущих бакалавров является процессом психолого-педагогическим. И включение студентов в научно-исследовательскую деятельность носит

педагогический, воспитательный и образовательный характер.

Согласимся с мнением В.А. Сластенина, что готовность включает в себя мотивирующие установки на создание нового знания в научных исследованиях, соразмеримых с трудностями для достижения этих знаний. И при этом в процессе студенты оценивают собственную деятельность с нравственными, патриотическими и духовными установками педагогической и научной деятельности.

Обращаясь к вопросу структуры научно-исследовательской деятельности студентов, следует отметить неразрывную связь элементов, ее составляющих, важность каждого из них для достижения результата. В настоящее время развитию структуры научно-исследовательской деятельности студентов в условиях высшего профессионального образования стали уделять внимание на уровне руководства университетов и факультетов. Ответственность за подготовку студентов к научным конференциям, проведение других научно-исследовательских мероприятий лежит на отдельных преподавателях – научных руководителях, которые в тандеме со студентами выполняют и направляют научно-исследовательские работы.

Структура научно-исследовательской деятельности студентов адаптивной физической культуры, на наш взгляд, должна содержать следующие элементы:

- административно-управленческий персонал подразделений университета, ответственный за проведение научно-исследовательских мероприятий;

- научные школы;
- студенческие научные общества;
- научные руководители студентов;
- временные творческие коллективы для разработки и реализации определенных научно-исследовательских проектов.

Соответственно последовательно обоснуем данные элементы.

Административно-управленческий персонал подразделений университета, ответственный за проведение научно-исследовательских мероприятий, направлен на материально-техническое обеспечение и научно-методическое сопровождение научно-исследовательской деятельности, в форме проведения студенческих научных конференций, круглых столов. В рамках полномочий этого элемента формируется модель организационной системы научно-исследовательской деятельности студентов университета.

Научные школы, неотрывно связаны с подготовкой системы модернизации профессионального образования. Призваны развивать научно-исследовательскую деятельность профессорско-преподавательского состава

института или университета и соответственно мотивировать студентов к данному виду деятельности. При этом можно отметить, что мастерство научного руководителя не может не отразиться на исследовательской работе студентов.

Студенческие научные общества представляют собой форму студенческого самоуправления. Призваны стимулировать учебную деятельность студентов, включающую опыты и исследования при освоении дисциплин учебного плана, и деятельность общеуниверситетских студенческих научных обществ – как объединений для взаимодействия студенческого научного актива университета, и активное участие в научно-исследовательской деятельности в процессе обучения. Соответственно создающие когнитивные (знаниевые) условия развития самих студентов.

Научный руководитель как наставник, который следит за научной деятельностью студента, опираясь на свои знания и опыт, поддерживает и консультирует студентов в его научных исследованиях, носящих теоретический и экспериментальный характер и личностно-ориентированный подход к научно-исследовательской работе.

Временные творческие коллективы созданы для разработки и реализации определенных научно-исследовательских проектов с целью овладения навыками научного подхода к практическим вопросам в процессе работы с уже заданными параметрами результата данного исследования, в котором, основными требованиями становится креативно-творческий подход к собственным исследованиям.

На основании структуры готовности к научно-исследовательской деятельности, можно выделить следующие компоненты для студентов адаптивной физической культуры, которые мы считаем основными:

– *мотивационный*, характеризующийся осознанием значимости знаний о научно-исследовательской деятельности, наличием положительного мотива к занятию данной деятельностью, удовлетворенностью собственной научно-исследовательской деятельностью;

– *когнитивный* (знаниевый), включающий в себя знания общекультурных и профессиональных дисциплин, представления о логике и этапах научного познания, структуре научного исследования, этапах научно-исследовательской деятельности, экспериментальных и практических основах проведения экспериментального исследования, способах получения и обработки результатов;

– *креативно-творческий*, определяющийся умениями планировать и реализовывать собственную исследовательскую деятельность, работать с литературой, анализировать, выделять главное, видеть проблему исследования, осуществлять подбор соответствующих средств для

проведения исследования с привнесением в собственную работу творческих элементов и умение делать выводы;

– *личностно-ориентированный*, предполагающий способность к самоанализу, объективной самооценке, самокритике, готовность к преодолению трудностей, выявлению и устранению их причин.

Понятия готовности и структуры научно-исследовательской деятельности у бакалавров адаптивной физической культуры определяются принципами, выработанными в педагогической науке:

1. Интеллектуальное развитие (сформированность убеждений, мировоззрения, взглядов, умений, способностей, навыков).

2. Исследовательские черты личности (самостоятельность, активность, целеустремленность, инициативность, систематичность). Морально-волевые черты личности (организованность, целеустремленность, коммуникабельность, настойчивость, решительность, требовательность к процессу и результату, принципиальность). Профессиональные черты личности (профессиональный интерес, профессиональное мышление, самосовершенствование, рефлексия, высокий уровень общей, методологической и педагогической культуры).

3. Система знаний (владение научными понятиями, методические, психолого-педагогические, исследовательские предметные знания, овладение педагогическими технологиями, теоретическими и практическими методами научно-педагогического исследования, применение соответствующей терминологии).

4. Система умений (интеллектуальные, исследовательские, организаторские, аналитические, когнитивные, коммуникативные умения).

5. Активное положительное отношение к научно-исследовательской работе (стремление и необходимость научных исследований, развитие мотивации, исследовательский и творческий стиль мышления, стремление к самостоятельному совершенствованию знаний, профессиональная ориентация) [5; 7].

Выводы. Можем сделать выводы, что готовность к научно-исследовательской деятельности у бакалавров адаптивной физической культуры следует разбирать с точки зрения психологии и педагогики, включение студентов в научно-исследовательскую деятельность носит педагогический, воспитательный и образовательный характер.

Мы согласимся с мнением В.А. Сластенина, что готовность включает в себя мотивирующие установки на создание нового знания в научных исследованиях, соразмеримых с трудностями для достижения этих знаний. И при этом в процессе студенты оценивают собственную деятельность с

нравственными, патриотическими и духовными установками.

Структура научно-исследовательской деятельности имеет определенную направленность в мотивации, включении, готовности студентов. Для студентов адаптивной физической культуры разобранная структура оптимальна, компоненты данной структуры должны содержать:

- административно-управленческий персонал подразделений университета для создания различных научно-исследовательских конференций и мероприятий;

- научные школы, в которых профессорско-педагогический коллектив мотивирует студентов на приобретение новых знаний и исследований;

- студенческие научные общества, как поддержку студентам в реализации научно-исследовательской деятельности;

- научных руководителей, как наставников при выполнении исследовательской работы студентов (выпускной квалификационной работы, конкурсных научных работ).

Мы можем при определении структуры готовности к научно-исследовательской деятельности, выделить несколько основных компонентов: мотивационный, значимость научно-исследовательской деятельности; когнитивный (знаниевый); креативно-творческий, поиск новых креативных подходов при выполнении собственной научно-исследовательской и исследовательской деятельности; личностно-ориентированный, предполагающий собственное отношение и оценку данной деятельности – эти компоненты направлены на формирование и готовность.

И при теоретическом обосновании мы смогли определить принципы, при которых готовность и структура научно-исследовательской деятельности у бакалавров адаптивной физической культуры является достигнутой. Данные принципы выработаны в педагогической науке и имеют четкую последовательность: интеллектуальное развитие; исследовательские черты личности; система знаний; система умений; активное положительное отношение к научно-исследовательской работе.

Таким образом, при теоретическом рассмотрении понятий «готовность» и «структура» к научно-исследовательской деятельности будущих бакалавров адаптивной физической культуры, описанные аспекты мотивации, структура, компоненты, принципы, являются основными для включения студентов данной деятельности.

Л и т е р а т у р а

1. Балашова В.Ф. Компетенции специалиста по адаптивной физической культуре, формируемые и применяемые в научно-исследовательской деятельности. / В.Ф. Балашова // Вестник ТГПУ. – 2009 Выпуск 2 (80) – С. 30-34.
2. Головин С.Ю. Словарь практического психолога / С.Ю. Головин. – Минск: Харвест, 1998. – 590 с.

3. Загрянная Т.А. Исследовательская деятельность педагога как условие повышения качества образования / Т.А. Загрянная // Человек и образование № 3 (44) – Санкт-Петербург, 2015. – С. 203-207.

4. Зимняя И.А. Ключевые компетентности как результативно-целевая основа компетентностного подхода в образовании / И.А. Зимняя. – М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2004. – 42 с.

5. Капилевич Л.В. Научные исследования в физической культуре / Л.В. Капилевич : учеб. пособие. – Томск: Томский государственный университет, 2013. – 184 с.

6. Научно-исследовательская деятельность студентов высших учебных заведений в России (1950–2000-е гг.): исторические предпосылки, концепции, подходы: монография / З.А. Демченко; Сев. (Арктич.) федер. ун-т им. М.В. Ломоносова. – Архангельск: ИПЦ САФУ, 2013. – 256 с.

7. Сластенин, В.А. Педагогика: учеб. пособие для студ. пед. ин-тов / В.А. Сластенин; под ред. Ю.К. Бабанского. – М.: Просвещение, 1983. – 452 с.

8. Степанова С.Н. Этапы формирования и структура научно-исследовательской деятельности студентов университета / С.Н. Степанова // Педагогика и психология Вестник ЧГПУ 3; 2009. – С. 152-158.

9. Томилова М.В. Содержание и методы повышения квалификации специалистов по адаптивной физической культуре / Томилова Марина Владимировна Дис. кан. пед. наук: Санкт-Петербург, 2014. – 208 с.

10. Трояк Е.Ю. Формирование готовности курсантов МЧС России к научно-исследовательской деятельности в процессе профессиональной подготовки: дис. канд. пед. наук: 13.00.08 / Евгения Юрьевича Трояк. – Красноярск, 2019. – 194 с.

References

1. Balashova V.F. The competence of a specialist in adaptive physical culture, formed and applied in research activities. / V.F. Balashova // Bulletin of TSPU. 2009 Issue 2 (80) – S. 30-34.
2. Golovin S.Yu. Dictionary of a practical psychologist / S.Yu. Golovin. – Minsk: Harvest, 1998 – 590 p.
3. Zagryvnaya T.A. Research activity of a teacher as a condition for improving the quality of education / T.A. Zagryvnaya // Man and education № 3 (44) - St. Petersburg, 2015. – pp. 203-207.
4. Zimnyaya I.A. Key competencies as an effective-target basis for a competence-based approach in education / I.A. Winter. – M.: Research Center for the Problems of the Quality of Training of Specialists, 2004. – 42 p.
5. Kapilevich L.V. Scientific research in physical culture / L.V. Kapilevich: textbook. allowance. – Tomsk: Tomsk State University, 2013 – 184 p.
6. Research activities of students of higher educational institutions in Russia (1950–2000s): historical background, concepts, approaches: monograph / Z.A. Demchenko; North. (Arctic) Feder. un-t them. M.V. Lomonosov. - Arkhangelsk: CPC NArFU, 2013. – 256 p.
7. Slatenin, V.A. Pedagogy: textbook. manual for stud. ped. in-tov / V.A. Slatenin; ed. Yu.K. Babansky. – M.: Education, 1983 – 452 p.
8. Stepanova S.N. Stages of formation and structure of research activities of university students / S.N. Stepanova // Pedagogy and psychology Bulletin of ChSPU 3; 2009. – pp. 152-158.

9. Tomilova M.V. Content and methods of advanced training of specialists in adaptive physical culture / Tomilova Marina Vladimirovna Dis. can. ped. Sciences: St. Petersburg, 2014. – 208 p.

10. Troyak E.Yu. Formation of readiness of cadets EMERCOM of Russia for research activities in the process of professional training: dis. Cand. ped. Sciences: 13.00.08 / Evgeniya Yurevich Troyak. - Krasnoyarsk, 2019 – 194 p.

Meleshko E.A.

THE CONCEPT OF «REPAIREDNESS» AND STRUCTURE OF RESEARCH ACTIVITIES FOR BACHELORS OF ADAPTIVE PHYSICAL EDUCATION

The article is of a theoretical nature, where the author analyzes the concept of «readiness» and the definition of the «structure» of research activities among bachelors of adaptive physical culture. Defining the general concept of readiness from the point of view of psychology and pedagogy, and defining the features of these concepts for research activities among students of adaptive physical culture. The structure of

research activities is substantiated according to certain components and principles developed in pedagogical science.

Key words: readiness, structure, research activity, components, principles, adaptive physical culture.

Мелешко Екатерина Александровна, ассистент кафедры адаптивной физической культуры и физической реабилитации, ИФВС, ГОУ ВО ЛНР «ЛГПУ», г. Луганск
E-mail: meleshko.kata@gmail.com

Meleshko Ekaterina Aleksandrovna, Assistant of the Department of Adaptive Physical Culture and Physical Rehabilitation, State Educational Institution of Higher Education LPR "LGPU", Lugansk

Рецензент: Белых Александр Сергеевич, доктор педагогических наук, профессор, член-корреспондент Международной академии педагогического образования, профессор кафедры педагогики ГОУ ВО ЛНР «ЛГПУ».

Статья подана 15.09.2021

УДК 621.9.048

ВЛИЯНИЕ ЧАСТОТЫ И АМПЛИТУДЫ КОЛЕБАНИЙ РЕЗЕРВУАРА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЦЕССА ВИБРООБРАБОТКИ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТЕРИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПРОЦЕССА

Мицык В.Я., Тетюхина В.И., Шенкман Г.Л.

THE INFLUENCE OF THE FREQUENCY AND AMPLITUDE OF THE RESERVOIR OSCILLATIONS ON THE EFFICIENCY OF THE VIBRATION TREATMENT PROCESS. DETERMINATION OF THE PROCESS PRODUCTIVITY CRITERION

Mitsyk V. Ya., Tetyukhina V. I., Shenkman G. L.

Рассмотрены этапы движения днища резервуара в течение одного периода колебаний и схемы взаимодействия днища со средой. Для определения параметров движения среды приведена схема перемещения гранулы, контактирующей с днищем, без учета упруговосстанавливающих сил и демпфирования её движения. Обоснована схема воздействия днища на гранулу в течение одного периода колебаний. Для оценки производительности процесса виброобработки установлен критерий степени передачи энергии от резервуара к среде.

Ключевые слова: виброобработка, движение днища резервуара, параметры движения среды, траектория движения резервуара, критерии производительности виброобработки.

Введение. В работах [1, 2, 3, 4, 5] отмечалось, что с увеличением частоты колебаний эффективность процесса обработки повышается. Так, при увеличении частоты на каждые 6,6 Гц, при прочих равных условиях эффективность повышается вдвое [5]. Из этого следует, что возрастание частоты от 33 Гц до 100 Гц повышает эффективность процесса в 10 раз.

Однако на практике такое предположение не подтвердилось, так как при увеличении частоты колебаний столкновения граничного слоя с рабочими поверхностями резервуара происходят не в каждом периоде колебаний, а через период или даже через несколько периодов. Это приводит к неполному использованию энергии воздействия резервуара на среду.

Из сказанного можно предположить, что существует рациональная частота и соответствующая ей амплитуда колебаний резервуара, обеспечивающие максимальную эффективность процесса.

Взаимодействие днища резервуара со средой в течение одного периода колебаний. Рассмотрим взаимодействие рабочей поверхности резервуара (в

данном случае днища) со средой. При этом в кинематике движения днища в течение одного периода колебания выделим следующие основные этапы (рис. 1):

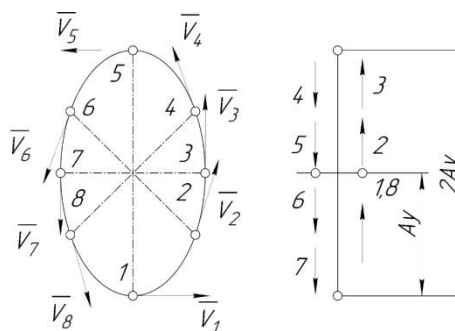


Рис. 1 Основные этапы кинематики движения днища резервуара в течение одного периода колебаний.

- 1 – ускоренное движение вверх;
- 2 – достижение максимальной скорости при движении вверх;
- 3 – замедленное движение вверх;
- 4 – достижение верхнего предельного положения и начало ускоренного движения вниз;
- 5 – достижение максимальной скорости при движении вниз;
- 6 – замедленное движение вниз;
- 7 – достижение нижнего предельного положения;
- 8 – ускоренное движение

Для каждого из этапов характерны свои особенности взаимодействия рабочих поверхностей со средой. При их анализе принимаем следующее допущение: амплитуда колебаний резервуара – A_y ; влиянием горизонтальных колебаний с целью упрощения анализа пренебрегаем; вибрационное ускорение резервуара $a_y > g$.

Первый этап (рис. 2). Поверхность Γ перемещается вверх из точки 1 в точку 3 траектории движения резервуара с ускорением a_y . Граничный слой гранул движется совместно с поверхностью Γ и

увлекает в движение слои, лежащие в глубине резервуара. Слои, прилегающие к поверхности Γ , уплотняются. Можно предположить, что такое уплотнение происходит до тех пор, пока поверхность Γ движется ускоренно вверх, т.е. при перемещении её на величину A_y , за промежуток времени $t_1 \dots t_3$.

Второй этап (рис 3). Поверхность Γ в момент времени t_3 , достигнув среднего положения, соответствующего точке 3 траектории движения резервуара, приобрела максимальную вертикальную скорость. Ускорение a_y равно нулю.

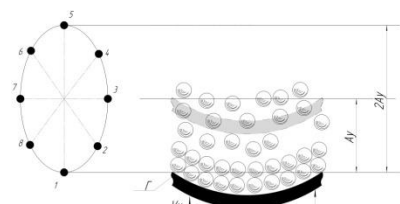


Рис. 2 Схема взаимодействия дна резервуара со средой при его ускоренном движении вверх: $V_y \rightarrow \max$, $a_{yc} \rightarrow 0$

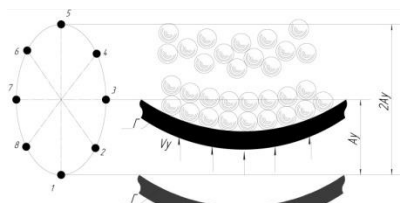


Рис. 3. Схема взаимодействия дна резервуара со средой при достижении максимальной скорости движения вверх: $V_y = \max$, $a_{yc} = 0$

При прохождении этого положения поверхность Γ начинает двигаться замедленно, так как ускорение становится отрицательным. Уплотненные слои гранул продолжают движение вверх с максимальной скоростью.

Третий этап (рис. 4). Поверхность Γ в течение времени $t_3 \dots t_5$ продолжает дальнейшее движение вверх из точки 3 в точку 5 траектории движения резервуара с непрерывно уменьшающейся вертикальной скоростью и отрицательным ускорением.

Если пренебречь действием упруговосстанавливающих сил среды, то в момент времени, когда $a_y \geq g$ начинается отставание движения поверхности Γ от движения уплотненных слоев. В этом случае их замедление происходит с ускорением g , а движение поверхности Γ – с ускорением a_y . В результате граничным слоем среды и поверхностью Γ образуется зазор l_3 .

В реальном процессе виброобработки действие упруговосстанавливающих сил среды увеличивает замедление граничных слоев и отрыв поверхности Γ происходит при условии, когда $a_y > g + u$ (u – ускорение, вызванное действием упруговосстанавливающих сил).

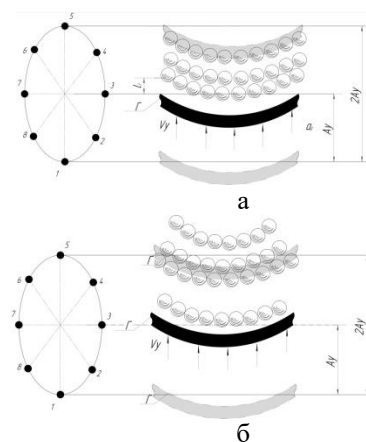


Рис. 4. Схема взаимодействия дна резервуара со средой при его замедленном движении вверх:

а – уплотнение слоев среды у поверхности Γ дна; б – перемещение волны уплотнения слоев среды вверх, $V_y \rightarrow 0$, $a_y > g + u$

Действие упруговосстанавливающих сил зависит от многих факторов, в том числе: от физико-технологических свойств гранул среды и их размера; от воздухопроницаемости слоев среды, лежащих сверху; от статического давления в ширине слоя среды; от сил внутреннего трения между гранулами; от частоты и амплитуды колебаний резервуара.

На данном этапе перемещения поверхности Γ (от точки 3 до точки 5 траектории движения резервуара) действием упруговосстанавливающих сил вниз препятствует направленное движение поверхности Γ .

Начиная с момента времени, когда $a_y < u$, действие упруговосстанавливающих сил, направленное вверх, вызывает восстановление нормального состояния уплотненных слоев среды, в результате чего в них происходит разрыхление. Эти слои продолжают движение вверх с замедлением, равным g , так как действие упруговосстанавливающих сил прекратилось.

Одновременно более удаленные от поверхности Γ слои уплотняются. Возникает движущаяся вверх волна уплотнения слоев среды. На рис. 4, б представлен характер такого взаимодействия поверхности Γ с гранулами. Из сравнения с рис. 4, а видно, что волна уплотнения переместилась вверх. В данном случае отрыв поверхности Γ от граничного слоя происходит при условии, когда $a_y < g + u$.

Четвертый этап (рис. 5). Поверхность Γ в момент времени t_5 достигла верхнего предельного положения (точка 3 траектории движения резервуара). Её скорость становится равной 0, а ускорение, направленное вниз, достигает максимума.

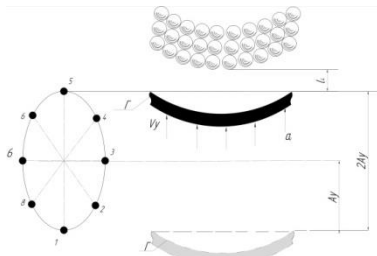


Рис. 5 Схема взаимодействия дна резервуара со средой при достижении верхнего предельного положения и начале ускоренного движения вниз: $V_y = 0$, $a_y = \max$, $l_4 > l_3$

Величина зазора l_4 между поверхностью Γ и гранулами граничного слоя среды возросла, то есть $l_4 > l_3$.

Пятый этап (рис. 6). Поверхность Γ в промежутке времени $t_5 \dots t_7$ ускоренно движется вниз от точки 5 до точки 7 траектории движения резервуара. Величина зазора между нею и граничным слоем среды становится равной l_5 . Гранулы переместились в том же направлении на величину l'_5 , равную пути их свободного падения за промежутков времени $t_5 \dots t_7$.

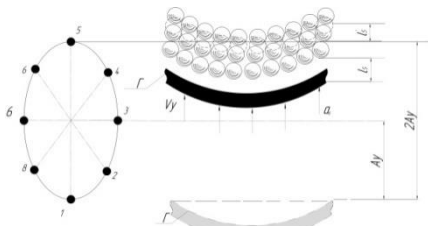


Рис. 6 Схема взаимодействия дна резервуара со средой при достижении максимальной скорости движения вниз: $V_y \rightarrow \max$, $a_y \rightarrow 0$

Шестой этап (рис. 7). Поверхность Γ в момент времени t_7 достигла при движении вниз (точка 7 траектории движения резервуара) максимальной скорости. Ввиду того, что $a_y \gg g$, величина зазора увеличивается и становится равной l_6 . Путь, пройденный гранулами граничного слоя среды в свободном падении, составляет l'_6 .

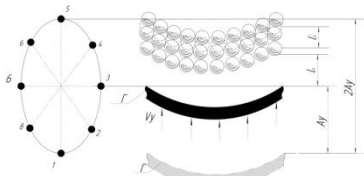


Рис. 7 Схема взаимодействия дна резервуара со средой при замедленном движении вниз: $V_y \rightarrow \max$, $a_y = 0$

Седьмой этап (рис. 8). Поверхность Γ достигла нижнего предельного положения (точка 8 траектории движения резервуара). В этот момент времени, соответствующий $t_7 \dots t_1$, гранулы в своем перемещении вниз проходят путь, равный l'_7 . Величина зазора между поверхностью Γ и граничным слоем составляет l_7 .

Восьмой этап. Поверхность Γ перемещается вверх от точки 1 траектории движения резервуара навстречу падающим гранулам. Их встреча может произойти на следующих участках пути $2A_y$:

- в начальный момент движения поверхности Γ вверх, т.е. в точке 1 траектории;
- между нижним предельным и средним положениями поверхности Γ , то есть между точками 1 и 3 траектории;
- в среднем положении поверхности Γ , то есть в точке 3 траектории;
- между средним и верхним предельным положением поверхности Γ , то есть между точкой 3 и 5 траектории;
- в верхнем предельном положении поверхности Γ , то есть в точке 5 траектории.

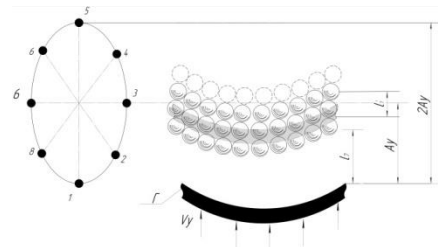


Рис. 8 Схема взаимодействия дна резервуара со средой при достижении нижнего предельного положения: $V_y \rightarrow 0$, $a_y \rightarrow \max$

Определение оптимального для обработки случая воздействия дна резервуара на рабочую среду. Теоретически возможен случай, когда начальная скорость, приобретённая гранулами, такова, что на четвертом этапе гранулы перемещаются вверх, а поверхность Γ – вниз. До встречи с падающими гранулами она пройдет путь, равный нескольким периодам колебаний. Такой случай весьма неблагоприятен для обработки, так как колебания дна резервуара не вызывают воздействия на среду.

Оптимальным для обработки является случай, при котором встреча поверхности Γ с граничным слоем гранул происходит в среднем положении, то есть при достижении максимальной скорости движения вверх.

Положение точки встречи зависит от ряда факторов, в том числе от частоты и амплитуды колебаний резервуара. Это можно проследить на следующем примере. Предположим, что отрыв поверхности Γ от граничного слоя происходит при достижении её верхнего предельного положения, то есть в точке 5 траектории движения резервуара, а встреча – в среднем положении поверхности Γ , то есть в точке 3 траектории или возле неё. Колебания резервуара считаем гармоническими. Промежуток времени от момента отрыва до момента встречи поверхности Γ с гранулами равен t . В течение этого времени поверхность Γ в вертикальном направлении проходит путь:

$$S_r = \frac{a_y t^2}{2}, \quad (1)$$

Исходя из того, что резервуар движется по траектории в виде окружности, выражение для пути имеет вид:

$$S_r = 2A_v + A_v + A_v \sin \omega t', \quad (2)$$

где ω – угловая частота колебаний резервуара, t' – время отрыва гранулы от дна резервуара.

Вибрационное ускорение движения поверхности Γ определяется равенством:

$$a_y = A_y \omega^2 \sin \omega t = A_y \omega^2 \sin \left(\frac{3\pi}{2} + \omega t' \right). \quad (3)$$

С учетом формулы (3) уравнение (1) примет вид:

$$S_r = \frac{[A_y \omega^2 \sin(\frac{3\pi}{2} + \omega t')]t^2}{2}. \quad (4)$$

Приравнявая зависимости (2) и (4), находим

$$t^2 = \frac{2(3 + \sin \omega t')}{\omega^2 \sin(\frac{3\pi}{2} + \omega t')}. \quad (5)$$

Путь, пройденный гранулами граничного слоя до встречи с поверхностью G , определяется зависимостью:

$$S_m = \frac{gt^2}{2}. \quad (6)$$

Откуда:

$$t^2 = \frac{2S_m}{2g}. \quad (7)$$

Подставим значения t^2 из уравнения (5) в уравнение (6), запишем выражение:

$$S_m = \frac{g(3 + \sin \omega t')}{\omega^2 (\sin \frac{2\pi}{2} \cos \omega t' + \cos \frac{3\pi}{2} \sin \omega t')}.$$

В рассматриваемом случае встреча произойдет в среднем положении поверхности Γ при её движении вверх, когда $a_v=0$.

С точки зрения интенсификации процесса обработки наивыгоднейшим представляется случай, когда в течение одного периода колебаний резервуара перемещение волны уплотнения гранул среды, начиная от поверхности B (рис. 9), распространяется через всю ширину слоя b . Поверхность B воздействует на гранулы с максимальной горизонтальной скоростью (точка 1 траектории движения резервуара).

В этом же периоде колебаний (точка 5 траектории движения резервуара) поверхность D воздействует на гранулы с максимальной горизонтальной скоростью. Слои гранул, находящиеся у поверхности D с чередующимся уплотнением и расширением, движутся к

поверхности B . Их скорость в момент встречи должна быть больше или равна 0.

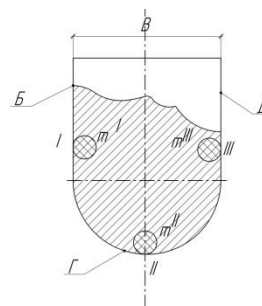


Рис. 9. Расположение поверхностей резервуара: B, D – вертикальные поверхности резервуара; G – радиальная поверхность днища резервуара; δ – ширина слоя среды; m_1, m_2, m_3 – гранулы рабочей среды

Если скорость перемещения гранул, полученная под воздействием поверхности D , гасится в слое b , то в течение одного периода колебаний резервуара вместо двукратного относительного перемещения гранул и обрабатываемых деталей будет только однократное. Следовательно, производительность процесса микрорезания уменьшается как минимум в два раза.

Теоретически установить необходимую частоту и амплитуду колебаний резервуара для случаев с двухкратным и однократным относительным перемещением гранул и деталей представляется весьма сложным. Это связано с определением упруговосстанавливающих свойств среды и степени её демпфирования, что требует экспериментальной проверки.

Определение рациональных режимных параметров движения резервуара. С целью определения рациональных режимных параметров движения рассмотрим перемещение гранулы среды без учета упруговосстанавливающих сил и демпфирования её движения.

Гранула m'' контактирует с днищем Γ резервуара в точке П. Резервуар имеет частоту колебаний ω и амплитуду колебаний A . При этом получаем: $S_m = \frac{3g}{\omega^2}$.

Принимая во внимание, что $s_m = A_y$, имеем условие встречи $A_y \omega^2 = 3g$. Задаваясь определенной амплитудой колебаний, находим необходимую частоту колебаний резервуара. Так, например, для $A=1.0$ мм. $\omega=27,3$ Гц.

В приведенном примере установлена определенная взаимосвязь между частотой и амплитудой колебаний, а также моментом времени в течение одного периода колебаний резервуара, когда происходит его встреча с гранулами граничного слоя среды.

При частоте колебаний 27,3 Гц и амплитуде колебаний в пределах 1,0...4,0 мм происходит отрыв рабочей поверхности резервуара от среды. Так, в работе [6] приведена аналитическая зависимость значений ω и A для определения области отрыва

резервуара от среды. Эта зависимость относится к строго определённым материалу гранул, то есть она не позволяет выбрать рациональные значения ω и A , учитывая материал, грануляцию, а также ширину слоя среды.

Для горизонтальных колебаний резервуара, вызывающих поочередное действие на среду поверхностей B и D (рис. 9), влияние ускорения силы тяжести уменьшается. Одновременно преобладающим становится влияние таких факторов, как: упруговосстанавливающие свойства среды; ширина слоя среды; скорость перемещения волны уплотнения в слоях среды; горизонтальная скорость (максимальная), сообщаемая поочередно поверхностям B и D граничному слою среды.

На рис. 10 представлена схема рассматриваемого движения. Для упрощения примем траекторию движения резервуара (точка Π дна Γ) в виде окружности (рис. 11).

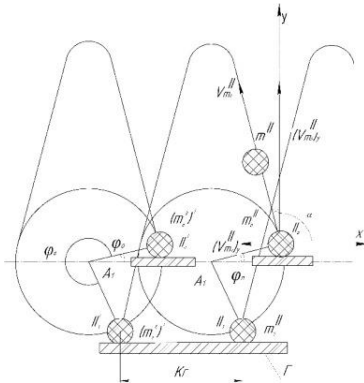


Рис. 10. Схема движения гранулы m^{II} граничного слоя среды, контактирующей с дном Γ резервуара в точке Π

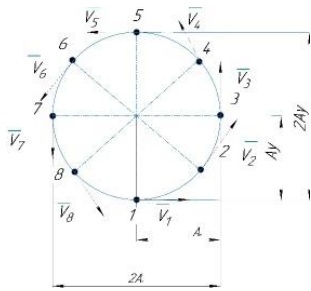


Рис. 11. Траектория движения резервуара (точка 2 дна Γ)

При прохождении резервуаром участка траектории от точки 1 до точки 3 (рис.11) за промежуток времени $t_1 - t_3$ гранула m^{II} и контактирующая с ней точка Π дна Γ резервуара перемещаются с одинаковой скоростью и одинаковым ускорением, т.е. $V_m^{\text{II}} = V_n$; $a_m^{\text{II}} = a_n$, где V_m^{II} – скорость перемещения гранулы m^{II} ; V_n – скорость перемещения точки 2 дна Γ резервуара; a_m^{II} – ускорение перемещения гранулы m^{II} ; a_n – ускорение перемещения точки Π дна Γ резервуара.

На участке траектории между точками 3 и 4 в течение промежутков времени $t_3 - t_4$ движение дна приобретает замедленный характер. Контакт

точки 2 с гранулой m^{II} не нарушается до тех пор, пока замедление резервуара не превысит величину ускорения свободного падения. Это соответствует времени отрыва t_0 , начиная с которого движение гранулы m^{II} , находящейся в положении m_0^{II} и дна резервуара, становится независимым.

Момент времени t_0 вектор $V_{m_0}^{\text{II}}$ линейной скорости гранулы m_0^{II} отклоняется от вектора $V_{m_0}^{\text{II}}$ на величину угла $\varphi_0 = \omega t_0$. Гранула m_0^{II} продолжает свободный полет как тело, брошенное под углом к горизонту, а резервуар (точка Π дна Γ) движется по траектории в виде окружности. Это происходит вследствие того, что, начиная с момента времени t_0 , вертикальная составляющая $(V_{\Pi_0})_y$ скорости V_{Π_0} движения точки Π_0 дна резервуара непрерывно уменьшается, а величина горизонтальной составляющей $(V_{\Pi_0})_x$ увеличивается. Вертикальное и горизонтальное ускорения движения дна, направленные вниз, непрерывно возрастают, вызывают увеличение горизонтальной составляющей $(V_{\Pi_0})_x$ скорости V_{Π_0} . Величина вертикального ускорения движения дна превышает ускорение свободного падения ($A_y > g$) и, следовательно, дно резервуара перестает действовать на гранулы.

Следующая встреча дна с гранулой m^{II} , занявшей положение (m_1^{II}) , произойдет через промежуток времени t_1' , который соответствует времени её свободного полета. В то же время дно может совершать n колебаний ($n = \omega t_1'$) и при этом его воздействие на гранулу будет отсутствовать.

Примем условие, что за время t_1' дно резервуара совершает один период колебания. Для определения точки встречи гранулы с дном необходимо найти угол j_0 . Начальная скорость $V_{m_0}^{\text{II}}$ – движения гранулы m_0^{II} в момент отрыва равна линейной скорости движения резервуара и определяется по формуле:

$$V_{m_0}^{\text{II}} = A\omega, \quad (8)$$

где A – амплитуда колебаний резервуара; ω – угловая частота вибрации резервуара. Согласно схеме (рис.10):

$$(V_{m_0}^{\text{II}})_y = V_{m_0}^{\text{II}} \cos \omega t_0,$$

тогда:

$$(a_{m_0}^{\text{II}})_y = (V_{m_0}^{\text{II}})_y = -V_{m_0}^{\text{II}} \omega \sin \omega t_0 - g, \quad (9)$$

откуда:

$$\varphi_0 = \omega t_0 = (-1)^k \arcsin \frac{g}{A\omega^2} + k\pi. \quad (10)$$

Приняв в выражении (10) $k=0$, получим:

$$\varphi_0 = \arcsin \frac{g}{A\omega^2}. \quad (11)$$

Вектор начальной скорости $V_{m_0}^{\text{II}}$ полета гранулы m_0^{II} образует с осью абсцисс угол α , равный $\frac{\pi}{2} + \varphi_0$. Таким образом, не учитывая сопротивление воздуха

и среды, и зная начальный угол полета, можно определить положение летящей гранулы m^H в любой промежуток времени, в частности, в момент времени t'_1 встречи с дном резервуара. Перемещение гранулы m^H в горизонтальном направлении на величину $(S_{m_0}^H)_{ug}$, в вертикальном направлении – на величину $(H_{m_0}^H)_{ug}$ к моменту времени t'_1 , в котором гранула m^H займет положение $(m_1^H)'$, представим выражениями:

$$(S_{m_0}^H)_{ug} = V_{m_0}^H(t'_1 - t_0)\cos\alpha - A\cos\omega t_0, \quad (12)$$

$$(H_{m_0}^H)_{ug} = V_{m_0}^H(t'_1 - t_0)\sin\alpha - \frac{g(t'_1 - t_0)^2}{2} - A\sin\omega t_0. \quad (13)$$

С учетом равенства $t_0 = \frac{\varphi_0}{\omega}$ выражения (12) и

(13) примут вид:

$$(S_{m_0}^H)_{ug} = -A[(\omega t'_1 - \varphi_0)\sin\varphi_0 + \cos\varphi_0], \quad (14)$$

$$(H_{m_0}^H)_{ug} = -A[(\omega t'_1 - \varphi_0)\cos\varphi_0 + \sin\varphi_0], \quad (15)$$

$$Hg = A\sin\omega t'_1. \quad (16)$$

Составим уравнение совместного движения гранулы и днища в вертикальном направлении, приняв правые части выражений (15) и (16). Основанием для этого служит принятое выше условие. После чего получим:

$$A[(\omega t'_1 - \varphi_0)\cos\varphi_0 + \sin\varphi_0] - \frac{g(\omega t'_1 - \varphi_0)^2}{2\omega^2} - A\sin\omega t'_1 = 0. \quad (17)$$

Дифференцируя по времени t'_1 выражение (15) и приравнявая производную нулю, получаем:

$$t'_1 = \frac{A\omega\cos\varphi_0}{g} + \frac{\varphi_0}{\omega}. \quad (18)$$

По моменту времени t'_1 определяем фазовый угол φ_b движения днища резервуара. При переходе на следующий фазовый угол φ_{b1} описанный цикл движения гранулы и днища повторится. Расстояние между точками II_1 и II'_1 контакта гранулы и днища резервуара определяет величину шага K_G , который характеризует движение гранулы по петлеобразной траектории, направленное в сторону, противоположную движению резервуара.

Характерные случаи воздействия днища резервуара на контактирующую с ним гранулу рабочей среды. В зависимости от времени в течение одного периода колебаний, когда происходит встреча свободно падающей гранулы с движущимся по круговой траектории днищем, может иметь место четыре характерных случая воздействия днища резервуара на контактирующую с ним гранулу (рис. 12).

Первый случай. Встреча гранулы с днищем резервуара происходит в конце периода его колебания, во время перемещения вниз, например, в точке C_1 . В дальнейшем они движутся совместно до точки O отрыва гранулы от днища, находящейся между точками 3 и 4 траектории движения резервуара, энергия которого используется только

на перемещение гранулы. Микрорезание в этом случае практически не происходит.

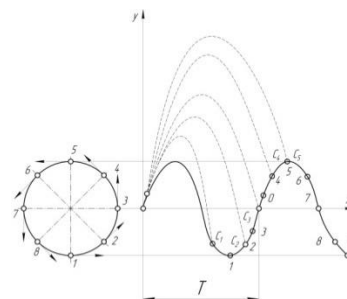


Рис. 12. Характерные случаи воздействия днища резервуара на контактирующую с ним гранулу в течение одного периода колебаний

Второй случай. Встреча происходит при начальном движении резервуара вверх, например, в точке C_2 . Как и в первом случае, происходит совместное движение днища резервуара и гранулы до точки отрыва O . Микрорезание на этом участке траектории не происходит.

Третий случай. Встреча происходит в точке C_3 , совпадающей с точкой 3 траектории движения резервуара, или в точке O . При этом скорость резервуара в вертикальном направлении достигает максимальной величины. После контакта гранулы с днищем происходит минимальное совместное движение до точки отрыва O и последующее независимое движение.

В этом случае грануле передается от резервуара максимальная кинетическая энергия, т.е. гранула получает наибольший силовой импульс, обеспечивающий в этот период времени активный процесс микрорезания.

Четвертый случай. Встреча происходит в точках C_4 , C_5 , совпадающих с точками 4 и 5 траектории движения резервуара.

В точке 4 траектории скорость движения резервуара вверх весьма мала, и гранула вместе с днищем перемещается с замедленной скоростью, в том же направлении. В точке 5 траектории вертикальная скорость днища, как и скорость гранулы, становится равной нулю. Одновременно вибрационное ускорение движения днища приобретает максимальное значение, существенно превышающее ускорение земного тяготения. По прохождении точки 5 движение днища и гранулы становится независимым. Днище перемещается ускоренно вниз, а гранула из состояния покоя в точке 5 начинает свободное падение в том же направлении.

В данном случае процесс микрорезания не происходит, т.к. кинетическая энергия, передаваемая днищем грануле, незначительна. Это объясняется тем, что в точке 5 траектории движения резервуара его скорость в вертикальном направлении равна нулю, и передача силового импульса от днища к грануле отсутствует.

Дальнейшее движение резервуара происходит вне связи с гранулой, и за точкой 7 опять возможны случаи встречи, при условии соответствующих значений частоты и амплитуды колебаний резервуара.

Из рассмотренных четырех случаев идеальным будет тот, когда энергия резервуара используется максимально полно. Это происходит в той точке траектории, где скорость в вертикальном направлении максимальна, т.е. в точке 3 или вблизи нее. Для стабильности такого активного протекания процесса обязательно, чтобы частота вибрации резервуара обеспечивала свободно падающей грануле встречу в этой же точке в каждом периоде колебаний. Отсюда, задаваясь временем t полета гранулы, и приравняв его ко времени T периода колебаний, можно установить рациональную частоту вибрации резервуара. На основании рассуждений имеем:

$$t = T = \frac{2\pi}{\omega}. \quad (19)$$

Как отмечалось ранее, в реальных условиях процесса виброобработки гранула среды не летит как тело, брошенное под углом к горизонту. Такому движению препятствуют: сила статического давления слоев среды, лежащих сверху; сила атмосферного давления, связанная с неполной воздухопроницаемостью среды; упруговосстанавливающая сила среды. Однако несмотря на действие перечисленных сил, траектория полета гранулы имеет параболический характер. Для описания этой траектории используем уравнение (15), в котором величину g умножим на поправочный коэффициент h_g , учитывающий влияние указанных сил на траекторию полета гранулы. В результате получим:

$$(H_{m0}^{II})_{ug} = -A[(\omega t_1' - \varphi_0)\cos\varphi_0 + \sin\varphi_0] - \frac{n_0 g (\omega t_1' - \varphi_0)^2}{2\omega^2}. \quad (20)$$

Величина t_1'' является временем встречи гранулы с дном резервуара в условиях реального процесса и находится из уравнения:

$$t_1'' = \frac{A\omega\cos\varphi_0'}{n_0 g} + \frac{\varphi_0'}{\omega}. \quad (21)$$

Уравнение движения дна резервуара и гранулы и контактирующей с ним гранулы рабочей среды

Беря во внимание наши рассуждения (19), уравнение (21) запишем следующим образом:

$$A[2(2\pi - \varphi_0')\cos\varphi_0' + \sin\varphi_0'] - n_0 \frac{g(\omega t_1' - \varphi_0)^2}{2\omega^2} - A\sin 2\pi = 0. \quad (22)$$

Полученное уравнение (22) [4] движения дна резервуара и гранулы содержит два

неизвестных: ω – частоту вибрации резервуара и коэффициент h_B . Для решения уравнения относительно ω величину h_B определяем таким образом:

$$n_B = \frac{(h_m^{II})_{ug}}{(h_m^{II})_p}, \quad (23)$$

где $(h_m^{II})_{ug}$ – высота подлета гранулы m^{II} в идеальной среде, т.е. без учета сил сопротивления движения гранулы; $(h_m^{II})_p$ – высота подлета гранулы m^{II} в реальных условиях виброобработки, т.е. с учетом сил сопротивления движения гранулы.

Высота $(h_m^{II})_p$ подлета гранулы в реальных условиях определяется экспериментально. Высоту $(h_m^{II})_{ug}$ подлета гранулы в идеальной среде получаем после подстановки выражения (18) в (15) и соответствующих преобразований. Она равна:

$$(h_m^{II})_{ug} = \frac{1}{2} \left(\frac{A^2 \omega^2}{g} + \frac{g}{\omega^2} \right). \quad (24)$$

Таким образом, определив $(h_m^{II})_{ug}$, проводим эксперименты по определению h_B . Далее переходим к решению уравнения (22), которое позволит найти рациональную частоту вибрации резервуара при соответствующих амплитудах колебаний, с точки зрения передачи наибольшего силового импульса среде, а следовательно, найти наиболее выгодные условия протекания процесса обработки.

Критерий степени передачи энергии при воздействии резервуара на рабочую среду. На основании рассмотрения характерных случаев контакта гранулы с дном резервуара вводится критерий N , который определяется начальными условиями отрыва гранулы от дна, т.е. рациональной частотой и амплитудой колебаний резервуара:

$$N = \frac{t_1''}{T}. \quad (25)$$

Критерий N косвенно характеризует степень передачи энергии от резервуара к среде и, в конечном результате, производительность процесса виброобработки.

Выводы.

1. При $N \gg 1$ обеспечивается встреча дна с гранулой в точке 3 траектории движения резервуара, когда его максимальная кинетическая энергия с минимальным рассеиванием передается грануле. Такие условия взаимодействия резервуара со средой способствуют активному процессу виброобработки.

2. При $N < 1$ встреча происходит в точках траектории, предшествующих точке 3, а при $N > 1$ – в точках, следующих за ней. Здесь кинетическая энергия резервуара невелика, и силовой импульс, передаваемый грануле, имеет малую величину. В результате процесс виброобработки замедлен.

Л и т е р а т у р а

1. Власов В.А., Игнатенко О.Г., Фальченко Н.В., Мицык В.Я., Коломойцев Г.Д. // Тезисы докладов Всесоюзного научно-технического семинара «Виброобразивная обработка деталей». – Ворошиловград, 1978. – С. 191 – 194.
2. Карташев И.Н., Шаинский М.Е., Власов В.А., Румянцев Б.П., Банатов П.С., Кислица Е.С. Обработка деталей свободными абразивами в вибрирующих резервуарах. – К.: Высшая школа, 1975. – 188 с.
3. Медяник В.А., Мицык В.Я., Шаинский М.Е., Власов В.А., Аулов П.П., Игнатенко О.Г. // Тезисы докладов Всесоюзного научно-технического семинара «Виброобразивная обработка деталей». – Ворошиловград, 1978. – С.211-214.
4. Мицык В.Я. Исследование влияния частоты вибрации и амплитуды колебаний резервуара на эффективность процесса виброобработки / Ворошиловградский машиностр. ин-т. – Ворошиловград, 1987. – 15 с.
5. Brandt William E. New development raise vibrator efficiency // Abrasive End/ - 1969, 15, 10, 9, С. 32 – 35.
6. Marcinilak M., Stefko A., Szyrle w. Podstawy obrobki w wyglarkach pojemnikowych. – Warzhawa: Wydawnictwa naukowo-techniczne, 1983. – 351 с.

References

1. Vlasov V.A., Ignatenko O.G., Fal'chenko N.V., Micyk V.Ja., Kolomojcev G.D. // Tezisy dokladov vsesojuznogo nauchno-tehnicheskogo seminaru «Vibroobrazivnaja obrabotka detalej». – Voroshilovgrad, 1978. – S. 191 – 194.
2. Kartashev I.N., Shainskij M.E., Vlasov V.A., Rumjancev B.P., Banatov P.S., Kislica E.S. Obrabotka detalej svobodnymi abrazivami v vibrirujushhih rezervuarah. – K.: Vysshaja shkola, 1975. – 188 s.
3. Medjanik V.A., Micyk V.Ja., Shainskij M.E., Vlasov V.A., Aulov P.P., Ignatenko O.G. // Tezisy dokladov Vsesojuznogo nauchno-tehnicheskogo seminaru «Vibroobrazivnaja obrabotka detalej». – Voroshilovgrad, 1978. – S. 211-214.
4. Micyk V.Ja. Issledovanie vlijaniya chastoty vibracii i amplitudy kolebanij rezervuara na jeffektivnost' processa vibroobrabotki / Voroshilovgradskij mashinostr. In-t. – Voroshilovgrad, 1987. – 15S.
5. Brandt William E. New development raise vibrator efficiency // Abrasive End/ - 1969, 15, 10, 9, S. 32 – 35.
6. Marcinilak M., Stefko A., Szyrle w. Podstawy obrobki w wyglarkach pojemnikowych. – Warzhawa: Wydawnictwa naukowo-techniczne, 1983. – 351 s.

Mitsyk V. Ya., Tetyukhina V. I., Shenkman G. L.
THE INFLUENCE OF THE FREQUENCY AND
AMPLITUDE OF THE RESERVOIR OSCILLATIONS
ON THE EFFICIENCY OF THE VIBRATION

TREATMENT PROCESS. DETERMINATION OF THE PROCESS PRODUCTIVITY CRITERION

The stages of movement of the reservoir bottom during one oscillation period and the schemes of interaction of the bottom with the medium are considered. To determine the parameters of the medium motion f , a diagram of the movement of a granule in contact with the bottom is given, without taking into account the elastic-restoring forces and damping of its movement. The scheme of the bottom impact on the granule during one oscillation period is substantiated. To assess the productivity of the vibration treatment process, the criterion of the degree of energy transfer from the reservoir to the medium is established.

Keywords: vibration treatment, movement of the reservoir bottom, parameters of the medium movement, the trajectory of the reservoir movement, criteria for the productivity of vibration treatment

Мицык Владимир Яковлевич, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии машиностроения и инженерного консалтинга ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», Луганск.
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”.

Тетюхина Валентина Игоревна, аспирант кафедры технологии машиностроения и инженерного консалтинга, ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».
E-mail: tetyuhina.valentina@yandex.ru

Tetyukhina Valentina Igorevna, graduate student 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»

Shenkman Gennady Lvovich senior lecturer of the department “Industrial and urban transport” of SEE HT LPR “Lugansk Vladimir Dahl State University”.

Рецензент: Гутько Юрий Иванович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры промышленного литья, ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля»

Статья подана 15.09.2021

УДК 338.2:330.34

КОНЦЕПТУАЛИЗАЦИЯ ПОНЯТИЯ «УСТОЙЧИВОСТЬ» В КОНТЕКСТЕ СТРАТЕГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

Мызникова М.А

CONCEPTUALIZATION OF THE TERM OF «SUSTAINABILITY» IN THE CONTEXT OF STRATEGIC MANAGEMENT OF SOCIO-ECONOMIC SYSTEMS

Myznikova M.

В работе проанализированы существующие подходы к трактовке понятия «устойчивость», а также предложена их систематизация. Установлено, что устойчивость в ряде подходов рассматривается в качестве положительного свойства системы, а в ряде других – в качестве резко отрицательного. В этой связи проведен анализ данного свойства в контексте стратегического управления СЭС, что позволило сделать вывод о необходимости достижения неравновесного состояния с целью обеспечения стратегического развития. В этой связи проведено разграничение понятий «устойчивость» и «устойчивое развитие», рассматриваемые не только как не тождественные, но и как диалектическая противоположность.

Ключевые слова: стратегическое управление, устойчивость, устойчивое развитие, самоорганизация, точка бифуркации.

Введение. Динамичные изменения во внешней среде функционирования предприятий, провоцирующие нарастание неопределенности, предопределяют появление научного интереса к вопросам устойчивости в контексте стратегического управления социально-экономическими системами (СЭС), формирования концепции устойчивого развития. В то же время, многообразие научных исследований в области устойчивого развития СЭС [1-19] не имело следствием формирование единого подхода к трактовке данной категории, к выработке методологии оценки и прогнозирования устойчивости, к реализации механизмов обеспечения устойчивого развития СЭС, как на макро-, так и на микроуровне. В связи с этим, теоретическую и практическую ценность приобретают вопросы исследования существующих подходов.

Целью настоящего исследования выступает исследование сущностных характеристик и концептуализация понятия «устойчивость» в

контексте стратегического управления социально-экономическими системами.

Изложение основных материалов.

Солидаризируясь с Гнатюк С. Н., Пушкиной Л. И., отметим, что «устойчивое развитие экономики достигается за счет устойчивого развития первичного звена экономической системы – предприятий» [1, с.52]. В этой связи, исследование стратегического управления через призму устойчивого развития предприятий является актуальной задачей как для микро-, так и для макроэкономической устойчивости. При этом, как отмечается в источнике [5, с.354], «немногие из исследователей рассматривают устойчивость СЭС в контексте стратегического целеполагания. При этом устойчивость СЭС, взятая сама по себе, не имеет решающего значения для функционирования таких систем; но особенно важно, насколько устойчиво достигаются поставленные перед СЭС стратегические цели». Таким образом, рассмотрение вопросов обеспечения устойчивости и устойчивого развития предприятий в контексте стратегического управления ими выступает не только актуальной задачей, представляющей научный интерес, но и слабо освещенной в научной литературе.

Исследование научной литературы позволило сделать вывод о необходимости разграничения понятий «устойчивость» и «устойчивое развитие». При этом удалось выявить общую тенденцию к оперированию термином «устойчивость» на микроуровне и «устойчивое развитие» – на макроуровне. В связи с поставленной задачей исследования стратегического управления через призму устойчивого развития предприятий, интерес представляет уточнение категории «устойчивость» (табл. 1).

Таблица 1

Анализ подходов к трактовке категории «устойчивость» (составлено автором на основании [1-19])

№ п/п	Определение	Подход, в рамках которого предложено определение
1	2	3
1	Обеспечение современной организации научно-воспроизводственной деятельности в условиях неопределенности, нестабильности рынка [6]	Воспроизводственный
2	Свойство СЭС достигать поставленных стратегических целей за установленный стратегией период в условиях внешних и внутренних вызовов негативного и позитивного направления [5, с. 356]	Планово-целевой
3	Состояние предприятия, при котором характеризующие его социально-экономические параметры сохраняют исходное равновесие и находятся в заданных границах при воздействии внутренней и внешней среды [7]	
4	Соответствие системы сформированному результирующему вектору целей и нейтрализация неблагоприятных ситуаций адекватным откликом системы за счет созданных ею запасов и резервов [11]	
5	Процесс непрерывного перехода организации как системы под воздействием внешних возмущений и управленческих решений из менее эффективного состояния в более эффективное [12; 19]	Процессный
6	Равновесное состояние, способность поддерживать основные пропорции и характеристики производственной, коммерческой, финансовой и других аспектов деятельности предприятия на неизменном уровне, несмотря на изменчивость внешней среды [1, с.52]	Равновесный
7	Способность возвращаться в состояние оптимальных параметров равновесия в условиях возмущающего внешнего и внутреннего воздействия [2, с.372].	
8	Способность после неблагоприятного отклонения за пределы допустимого значения возвратиться в состояние равновесия за счет собственных и заемных ресурсов [10]	
9	Минимизации потерь при неблагоприятных изменениях внешней среды и способности организации к эффективному наращиванию активов [13; 14; 19]	Маржинальный
10	Совокупность управляемых динамических компонент, способность организации сохранять свою целостность и достигать поставленные стратегические цели при постоянном дестабилизирующем воздействии внешней среды [13; 15; 16; 19]	Структурный
11	Комплекс свойств организационной, инновационной, логистической, производственной, финансово-кредитной деятельности с учетом их взаимовлияния и взаимодействия [8]	
12	Способность создавать, развивать и сохранять длительное время конкурентные преимущества на рынке [17; 14; 18; 19]	Рыночный
13	Способность адекватно реагировать на изменения во внешней инфраструктуре и возможность обеспечить устойчивое развитие во взаимосвязи условий конкурентоспособности продукции с социальными и экологическими проблемами [9]	
14	Сохранение системой состояния независимо от внешних возмущений. Характеристика системы как устойчивой не всегда определяет положительную сторону с точки зрения управления: система не способна гибко реагировать на управление [3]	Кибернетический
15	Система признается устойчивой относительно введенного определения окрестности, если при достаточно малых изменениях условий функционирования экономической системы поведение системы существенно не изменится. В рамках теории систем исследуются структурная устойчивость и устойчивость траектории поведения системы [3]	Системный
16	Смерть системы, так как информационный обмен в этой системе прекращен. Это так называемые «тупики эволюции» [4]	Синергетический

Результаты исследования. Из анализа таблицы, можно сделать вывод, что устойчивость, как свойство экономических систем возвращаться в точку равновесия, рассматривается не только не исключительно в положительном ключе, но и в отрицательном – в рамках синергетического подхода. Необходимо отметить, что высокая динамичность и преимущественно революционный, а не эволюционный характер протекающих процессов во внешней среде функционирования

предприятий Донецкой Народной Республики предопределяют бифуркационный характер развития. Это указывает на необходимость и оправданность применения синергетической парадигмы вместо диалектической, подчеркивая значимость выводов, сделанных в рамках синергетического подхода относительно устойчивости в контексте стратегического управления предприятием, и «позволяя по-новому

взглянуть на устойчивость как характеристику системы» [4].

Возвращаясь к анализу таблицы, следует отметить, что в рамках кибернетического подхода обнаруживаются негативные аспекты устойчивости с позиции неспособности устойчивых систем гибко реагировать на управленческие воздействия, что в контексте стратегического управления в парадигме устойчивого развития приобретает особое значение.

Тезис о значимости рассмотрения устойчивости СЭС с точки зрения именно кибернетического подхода подтверждается авторами Каплан А.В., Терешинной М.А. [5, с.354], утверждающими, что «наиболее цельное представление об устойчивости СЭС может быть получено при рассмотрении ее как кибернетической системы».

Таким образом, устойчивость предприятия в условиях неопределенности, выступая механизмом нивелирования негативных экстерналий, вызванных проявлением неопределенности с одной стороны, с другой стороны является сдерживающим фактором эффективного стратегического управления и развития предприятия и «фиксирующем» его положение в единой точке – точке равновесия.

В подтверждение вышеизложенному, Гнатюк С. Н., Пушкина Л. И. отмечают, что «переход в качественно новое состояние предприятия означает переход на некоторое время из стационарного состояния в нестационарное состояние (состояние неустойчивости, бифуркации) для последующей стабилизации на новом более совершенном уровне» [1, с.54].

Теория самоорганизации рассматривает точку бифуркации, как некоторую критическую точку, в которой возникает неопределенность перехода системы на более высокий уровень упорядоченности или в состояние хаоса [20, с. 97; 21]. Таким образом, переход на новый уровень упорядоченности требует выхода из состояния устойчивости и, как следствие, состояния равновесия. В источнике [4] отмечается, что «определяющим условием оптимального поведения сложных экономических систем является их неравновесная самоорганизация» и «если равновесное состояние является необходимым условием стационарного существования экономических систем, то неравновесное состояние представляет собой существенный момент перехода в новое состояние, в котором экономическая система приобретает более высокий уровень организации и продуктивности».

Говоря о неравновесных состояниях, на наш взгляд, следует акцентировать внимание на том, что системный подход выделяет структурную устойчивость и устойчивость траектории поведения системы [3]. При этом переход в неравновесное состояние и потеря структурной (функциональной) устойчивости запускает процессы самоорганизации и служит основанием для выстраивания более эффективных структур. Как утверждают представители школы самоорганизации [22; 23; 24], неравновесие является таким же фундаментальным свойством экономических систем, как равновесие. Оно позволяет детерминировать свободный выбор оптимизационного синтеза из целого спектра возможных направлений. Если равновесное состояние является необходимым условием стационарного существования экономических систем, то неравновесное состояние представляет собой существенный момент перехода в новое состояние, в котором экономическая система приобретает более высокий уровень организации и продуктивности. Только тогда, когда экономическая система теряет функциональную устойчивость, возникают самоорганизационные процессы формирования новых эффективных структур. Приобретая в новых условиях функционирования стабилизирующее положение, экономическая система, таким образом, проходит свои равновесные состояния как промежуточные этапы на траекториях неравновесной самоорганизации.

В рамках исследования траектории поведения системы, устойчивость рассматривается как предельное соотношение (критически допустимое, маргинальное) набора параметров, при которых отклонение от точки равновесия будет иметь тенденцию к сокращению в динамике. Такая трактовка позволяет охарактеризовать потерю устойчивости в контексте стратегического управления как преодоление маргинального соотношения набора параметров, позволяющее достичь стратегических целей более высокого уровня.

Выводы. Таким образом, в рамках исследования проанализированы существующие подходы к трактовке понятия «устойчивость» в контексте стратегического управления социально-экономическими системами и установлено, что в рамках ряда подходов она рассматривается не только не исключительно в положительном ключе, но и в отрицательном. Разграничено понятие «устойчивость» предприятия и «устойчивое развитие» предприятия, рассматриваемое не только

как не тождественное, но и как диалектическая противоположность. Так, авторы отмечают, что «устойчивое развитие предприятия возможно только при условии нарушения устойчивого состояния» [1, с.52-53]. В этой связи, интерес приобретает исследование сущностных характеристик категории «устойчивое развитие» в контексте стратегического управления предприятием, что представляет собой перспективу дальнейших исследований.

Л и т е р а т у р а

1. Гнатюк С. Н. Алгоритм диагностики устойчивого развития предприятия [Электронный ресурс] / С. Н. Гнатюк, Л. И. Пушкина // Проблемы экономики. – 2019. – №1 (28). – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/algoritm-diaagnostiki-ustoychivogo-razvitiya-predpriyatiya>.
2. Цветых А. В. Финансовая устойчивость предприятия: сущность и оценка [Электронный ресурс] / А. В. Цветых, К. Ю. Лобков // АНИ: экономика и управление. – 2021. – №1 (34). – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/finansovaya-ustoychivost-predpriyatiya-suschnost-i-otsenka>.
3. Лысенко Ю. Г. Экономическая кибернетика: Учебник; Донецкий нац. ун-т/ Ю. Г. Лысенко, П. В. Егоров, Г. С. Овечко, В. Н. Тимохин, С. Бир. – Донецк: Дон НУ, 2005. – 479 с.
4. Ерохин С.А. Синергетическая парадигма современной экономической теории / С.А. Ерохин // Актуальні проблеми економіки. – 2001. – № 5-6. – С. 4-17.
5. Каплан А.В. Оценка устойчивости социально-экономического развития горнодобывающих предприятий [Электронный ресурс] / А.В. Каплан, М.А. Терешина // Уголь. – 2018. – №8 (1109). – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-ustoychivosti-sotsialno-ekonomicheskogo-razvitiya-gornodobyvayuschih-predpriyatiy>.
6. Бодров О.Г. Экономическая свобода и устойчивость предприятия/ О.Г. Бодров. – Казань: Таглитат, 2008. – 180 с.
7. Брянцева И.В. Экономическая устойчивость предприятия: сущность, оценка, управление / И.В. Брянцева. – Хабаровск: ХГТУ, 2007. – 150 с.
8. Захарченко В.И. Экономическая устойчивость предприятия в переходной экономике / В.И.Захарченко // Машиностроитель. – 2002. – № 1. – С. 9-11.
9. Лускатова О.В. Оценка риска и экономической устойчивости горных предприятий на основе нечеткой логики / О.В. Лускатова. – Норильск: НИИ, 2004. – 221 с.
10. Коптюга В.А. Новая парадигма развития России: комплексные исследования проблем устойчивого развития / В.А.Коптюга, В.М.Матросова, В.К.Левашова. – М.: Academia, 1999. – 459 с.
11. Погостинская Н.Н. Информационно-аналитическое обеспечение предпринимательской деятельности / Н.Н.Погостинская, Ю.А.Погостинский, Р.Л.Жамбекова. – Нальчик: Эльбрус, 2008. – 350 с.
12. Терентьева Т.В. Методологические основы обеспечения устойчивости развития рыбохозяйственных предпринимательских структур: дис. ... д-ра экон. наук: специальность 08.00.05, 08.00.12 / Терентьева Татьяна Валерьевна; Владивосток. гос. ун-т экономики и сервиса. – Владивосток, 2011. – 304 с.
13. Дудин М.Н. Обеспечение стратегической устойчивости предпринимательских структур в условиях инновационного развития: дис. ... д-ра экон. наук.: 08.00.05 / Дудин Михаил Николаевич; Российская академия предпринимательства. – М., 2013. – 375 с.
14. Рычихина Н.С. Реструктуризация предприятия как инструмент экономической стабилизации в условиях рыночной неустойчивости: дис. ... канд. экон. наук.: 08.00.05/ Рычихина Наталья Сергеевна; Ивановский государственный университет. – Иваново, 2007. – 211 с.
15. Сабанчиев Н.А. Теоретико-методические основы организационного обеспечения стратегической устойчивости: дис. ... канд. экон. наук.: 08.00.05/ Сабанчиев Надирсолтан Абдуллаевич; Государственный университет управления. – М., 2009 – 165 с.
16. Бараненко С.П. Стратегическая устойчивость предприятия / С.П. Бараненко, В.В. Шеметов. М.: Полиграф, 2004. – 493 с.
17. Канунников А.В. Стратегическое управление: условие устойчивого развития промышленных предприятий / А.В. Канунников // Вестник ОрелГИЭТ. – 2012. – № 1 (19). – С.121-126.
18. Козлов В.А. Проблемы управления устойчивостью развития и функционирования предпринимательских организаций: монография/ В.А. Козлов, Л.А. Данченко. – М.: МЭСИ, 2012. – 118 с.
19. Яшин Н. С., Григорян Е. С. Методология стратегической устойчивости предприятия [Электронный ресурс] / Н. С. Яшин, Е.С. Григорян // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. – 2015. – №1 (55). – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodologiya-strategicheskoy-ustoychivosti-predpriyatiya>.
20. Концепции современного естествознания: Учебник / под ред. В. Н. Лавриненко – 5-е изд., пер. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2021. – 462 с.
21. Иванус А.И. Когнитивные методы и технологии управления экономикой в условиях неопределенности : учебно-методическое пособие / Иванус А.И. – М.: Прометей, 2019. – 152 с.
22. Алексеевский В. С. Синергетика менеджмента. Управление устойчивым развитием диссипативных структур / В. С. Алексеевский. – М.: URSS, 2013. – 360 с.
23. Богданов С. Ю. Формирование системы управления строительной организацией на основе принципов синергетики (самоорганизации): дис. ... канд. экон. наук : 08.00.05 / Богданов Сергей Юрьевич; Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. – СПб, 2007. – 163 с.
24. Галеева Е. И. Синергетический подход в теории управления социально-экономическими системами / Е. И. Галеева. – Казань : Таглитат, 2006. – 123 с.

References

1. Gnatjuk S. N. Algoritm diagnostiki ustojchivogo razvitiya predpriyatija [Jelektronnyj resurs]/ S. N. Gnatjuk, L. I. Pushkina // Problemy jekonomiki. – 2019. – №1 (28). – Rezhim dostupa: <https://cyberleninka.ru/article/n/algoritm-diaagnostiki-ustoychivogo-razvitiya-predpriyatiya>.
2. Cvetyh A. V. Finansovaya ustojchivost' predpriyatija: sushhnost' i ocenka [Jelektronnyj resurs] / A. V. Cvetyh, K. Ju. Lobkov // ANI: jekonomika i upravlenie. – 2021. – №1 (34). – Rezhim dostupa: <https://cyberleninka.ru/article/n/finansovaya-ustoychivost-predpriyatiya-suschnost-i-otsenka>.
3. Lysenko Ju. G. Jekonomicheskaja kibernetika: Uchebnik; Doneckij nac. un-t/ Ju. G. Lysenko, P. V. Egorov,

G. S. Ovechko, V. N. Timohin, S. Bir. – Doneck: Don NU, 2005. – 479 s.

4. Erohin S.A. Sinergeticheskaja paradigma sovremennoj jekonomicheskoy teorii / S.A. Erohin // Aktual'ni problemi ekonomiki. – 2001. – № 5-6. – S. 4-17.

5. Kaplan A.V. Ocenka ustojchivosti social'no-jekonomicheskogo razvitija gornodobyvajushhih predpriyatij [Elektronnyj resurs] / A.V. Kaplan, M.A. Tereshina // Ugol'. – 2018. – №8 (1109). – Rezhim dostupa: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-ustoychivosti-sotsialno-jekonomicheskogo-razvitiya-gornodobyvayushchih-predpriyatij>.

6. Bodrov O.G. Jekonomicheskaja svoboda i ustojchivost' predpriyatija/ O.G. Bodrov. – Kazan': Taglimat, 2008. – 180 s.

7. Brjanceva I.V. Jekonomicheskaja ustojchivost' predpriyatija: sushhnost', ocenka, upravlenie / I.V. Brjanceva. – Habarovsk: HGTV, 2007. – 150 s.

8. Zaharchenko V.I. Jekonomicheskaja ustojchivost' predpriyatija v perehodnoj jekonomike / V.I. Zaharchenko // Mashinostroitel'. – 2002. – № 1. – S. 9-11.

9. Luskatova O.V. Ocenka riska i jekonomicheskoy ustojchivosti gornyh predpriyatij na osnove nechetkoy lo-giki / O.V. Luskatova. – Noril'sk: NII, 2004. – 221 s.

10. Koptjuga V.A. Novaja paradigma razvitija Rossii: kompleksnye issledovaniya problem ustojchivogo razvitija / V.A. Koptjuga, V.M. Matrosova, V.K. Levashova. – M.: Academia, 1999. – 459 s.

11. Pogostinskaja N.N. Informacionno-analiticheskoe obespechenie predprinimatel'skoj dejatel'nosti / N.N. Pogostinskaja, Ju.A. Pogostinskij, R.L. Zhabekova. – Nal'chik: Jel'brus, 2008. – 350 s.

12. Terent'eva T.V. Metodologicheskie osnovy obespechenija ustojchivosti razvitija rybohozjajstvennyh predprinimatel'skih struktur: dis. ... d-ra jekon. nauk: speci-al'nost' 08.00.05, 08.00.12 / Terent'eva Tat'jana Valer'ev-na; Vladivostok. gos. un-t jekonomiki i servisa. – Vladivo-stok, 2011. – 304 s.

13. Dudin M.N. Obespechenie strategicheskoy ustojchivosti predprinimatel'skih struktur v uslovijah innovacionnogo razvitija: dis. ... d-ra jekon. nauk.: 08.00.05 / Dudin Mihail Nikolaevich; Rossijskaja akademija predprinimatel'stva. – M., 2013. – 375 s.

14. Rychihina N.S. Restrukturizacija predpriyatija kak instrument jekonomicheskoy stabilizacii v uslovijah rynochnoj neustojchivosti: dis. ... kand. jekon. nauk.: 08.00.05/ Rychihina Natalja Sergeevna; Ivanovskij gosudarstvennyj universitet. – Ivanovo, 2007. – 211 s.

15. Sabanchiev N.A. Teoretiko-metodicheskie osnovy organizacionnogo obespechenija strategicheskoy ustojchivosti: dis. ... kand. jekon. nauk.: 08.00.05/ Sabanchiev Nadirsoltan Abdullaevich; Gosudarstvennyj universitet upravlenija. – M., 2009 – 165 s.

16. Baranenko S.P. Strategicheskaja ustojchivost' predpriyatija / S.P. Baranenko, V.V. Shemetov. M.: Poli-graf, 2004. – 493 s.

17. Kanunnikov A.V. Strategicheskoe upravlenie: uslovie ustojchivogo razvitija promyshlennyh predpriyatij / A.V. Kanunnikov // Vestnik Orel'GIJeT. – 2012. – № 1 (19). – S.121-126.

18. Kozlov V.A. Problemy upravlenija ustojchivo-st'ju razvitija i funkcionirovaniya predprinimatel'skih organizacij: monografija/ V.A. Kozlov, L.A. Danchenok. – M.: MJeSI, 2012. – 118 s.

19. Jashin N. S., Grigorjan E. S. Metodologija strategicheskoy ustojchivosti predpriyatija [Elektronnyj resurs] / N.

S. Jashin, E.S. Grigorjan // Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo social'no-jekonomicheskogo universiteta. – 2015. – №1 (55). – Rezhim dostupa: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodologiya-strategicheskoy-ustoychivosti-predpriyatija>.

20. Konceptii sovremennogo estestvoznaniya: Uchebnik / pod red. V. N. Lavrinenko – 5-e izd., per. i dop. – M.: Izdatel'stvo Jurajt, 2021. – 462 s.

21. Ivanus A.I. Kognitivnye metody i tehnologii upravlenija jekonomikoj v uslovijah neopredelennosti : uchebno-metodicheskoe posobie / Ivanus A.I. – M.: Prome-tej, 2019. – 152 c.

22. Alekseevskij V. S. Sinergetika menedzhmenta. Upravlenie ustojchivym razvitiem dissipativnyh struktur / V. S. Alekseevskij. – M.: URSS, 2013. – 360 s.

23. Bogdanov S. Ju. Formirovanie sistemy upravlenija stroitel'noj organizaciej na osnove principov sinergetiki (samoorganizacii): dis. ... kand. jekon. nauk : 08.00.05 / Bogdanov Sergej Jur'evich: Sankt-Peterburgskij gosudarstvennyj arhitekturno-stroitel'nyj universitet. – SPb, 2007. – 163 s.

24. Galeeva E. I. Sinergeticheskij podhod v teorii upravlenija social'no-jekonomicheskimi sistemami / E. I. Galeeva. – Kazan' : Taglimat, 2006. – 123 s.

Мызникова М.

CONCEPTUALIZATION OF THE TERM OF «SUSTAINABILITY» IN THE CONTEXT OF STRATEGIC MANAGEMENT OF SOCIO-ECONOMIC SYSTEMS

The paper analyzes the existing approaches to the interpretation of the concept of "sustainability", as well as proposed their systematization. It has been established that stability in a number of approaches is considered as a positive property of the system, and in a number of others - as a sharply negative one. In this regard, an analysis of this property was carried out in the context of the strategic management of the SES, which made it possible to conclude that it is necessary to achieve a non-equilibrium state in order to ensure strategic development. In this regard, a distinction is made between the concepts of "sustainability" and "sustainable development", considered not only as not identical, but also as dialectical opposition.

Key words: strategic management, sustainability, sustainable development, self-organization, bifurcation point.

Мызникова Мария Александровна, к.э.н., старший научный сотрудник отдела моделирования экономических систем ГБУ «Институт экономических исследований», г. Донецк, ДНР.

E-mail: maryalex.myz@gmail.com

Мызникова Мария Александровна, Candidate of Economic Sciences, Senior Research Associate of the Economic Systems Modeling Department, State Budgetary Institution "Economic Research Institute", Donetsk, DPR.

Рецензент: Тимохин Владимир Николаевич, доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры экономической кибернетики ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, ДНР.

Статья подана 08.19.2021 года

УДК 681.51

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

Нечаев Г.И., Панков А.А., Щеглов А.В., Коробейников Д.С.

INTELLIGENT MOTION CONTROL SYSTEM TRANSPORT AND TECHNOLOGICAL MACHINES

Nechaev G.I., Pankov A.A., Shheglov A.V., Korobeinikov D.S.

Перспективы развития конструкций средств транспорта и механизации технологических процессов показывают, что повышение эффективности их использования связано с применением новых конструктивно-компоновочных схем и организационных методов эксплуатации. Поэтому актуальны исследования, разработка и совершенствование информационно-управляющих систем таких машин. В работе предложена концепция интеллектуального управления транспортно-технологическими машинами на основе мехатронного подхода и вариативного применения управляющих устройств. Реализация программно-аппаратной системы управления должна осуществляться на основе конфигурируемых программно-аппаратных платформ для взаимодействия с окружающей физической и технологической средой.

Ключевые слова: движение, управление, машина, компоновка, гидропривод, мехатроника, модуль.

Введение. Современный этап развития средств транспорта и механизации технологических процессов характеризуется поиском новых принципов конструктивно-компоновочного исполнения техники и организации ее использования [1].

Тенденции развития транспортно-технологических машин (ТТМ) и опыт разработки новой техники показывают, что значительную роль в настоящее время играют бортовые информационно-управляющие системы (БИУС). Современные БИУС способны оптимизировать функционирование агрегатов и узлов в едином комплексе ТТМ, обеспечить максимальную эффективность их использования. Они могут существенно облегчить водителю и оператору осуществление их функций. Это в особенности актуально, когда речь идет о сложных машинах и комплексах машин – автопоездах, караванах большегрузных автомобилей (БГА), транспорте специального назначения [2], а также о ТТМ, задействованных в технологических операциях и имеющих изменяемую конструктивно-

компоновочную схему или получающих структурную трансформацию.

Изложение основных материалов. В условиях применения кинематически сложных агрегатов с распределёнными в пространстве функциональными узлами и конфигурировании постов управления в различных видах работ механические передачи обладают ограниченными возможностями. Управление ТТМ в таких условиях более рационально на основе гидрофикации, в частности, при использовании гидрообъемного рулевого управления (ГОРУ). Это дает возможность более свободной компоновки агрегатов машин, упрощает их конструкцию и эксплуатацию, снижает материалоемкость машин и улучшает условия труда водителей и операторов, повышает удобство управления машинами за счет переустановки рулевого колеса и регулирования его положения.

Однако учитывая, что ГОРУ представляет собой гидрообъемную передачу с гибкими соединительными трубопроводами относительно высокого давления, менее надежными в эксплуатации, чем механические тяги, это требует повышенного внимания к надежности и безопасности эксплуатации. В случае адаптации таких передач к системам автоматики и применения элементов телематики необходимы дополнительные преобразователи.

Указанные недостатки компенсируются применением электрических передач. На их основе можно реализовать гибкие компоновки, упростить кинематические связи, более рационально адаптировать рабочие системы к автоматизации, регулированию и телематике. Электрические передачи можно модернизировать, применив современную программно-аппаратную базу на основе мехатронного подхода [3-7].

В настоящее время имеет место мехатронизация, связанная с всё более широким внедрением средств автоматизации на основе мехатронных модулей (ММ) [4]. Это возможно вследствие того, что особенностью современного

этапа развития мехатроники является создание нового поколения ИМ – интеллектуальных мехатронных модулей (ИММ), в которые дополнительно встраиваются вычислительные устройства и силовые электронные преобразователи, что придает модулям интеллектуальные свойства, а также позволяет ИММ выполнять движения при необходимости без обращения к верхнему уровню управления. Это повышает автономность, гибкость и живучесть ИММ, работающих в изменяющихся и неопределенных условиях внешней среды [5, 6].

Развитие ИММ обусловлено появлением недорогих микропроцессоров и контроллеров и направлено на интеллектуализацию процессов, протекающих в системах, и в первую очередь – процессов управления функциональными преобразованиями и работой машин [7].

Результаты исследований. В рамках мехатронного подхода на основе применения электропривода предлагается обоснование принципиальной схемы ИРУ – интеллектуального рулевого управления (рис. 1).

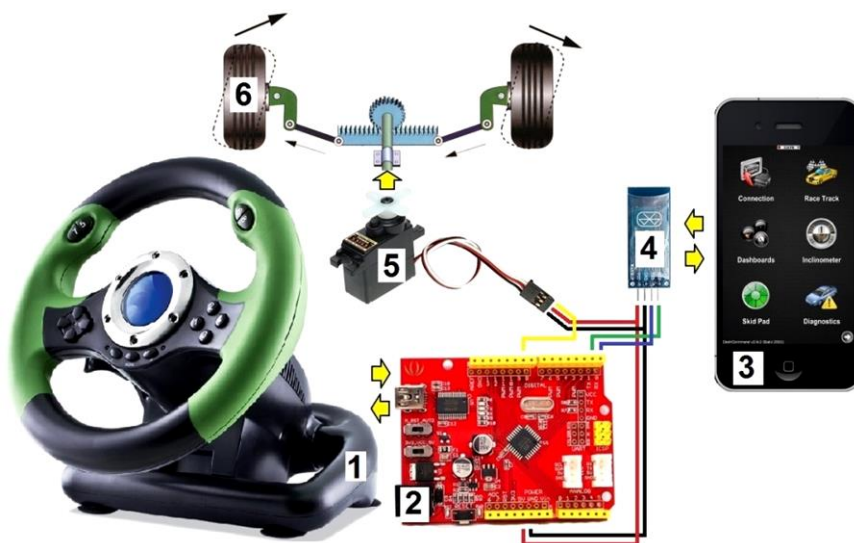


Рис. 1. Принципиальная схема интеллектуального управления ТТМ:

- 1 – переносной (реверсивный) пост управления (управляющее устройство I);
- 2 – конфигурируемая программно-аппаратная платформа для взаимодействия с окружающей физической средой;
- 3 – вычислительно-информационное устройство (смартфон, планшет – управляющее устройство II);
- 4 – адаптер беспроводной связи (Bluetooth, Wi-Fi Direct);
- 5 – сервопривод; 6 – управляемые колеса

Принцип действия ИРУ заключается в том, что управляющее воздействие на управляемых колесах 6 можно сформировать двумя способами. Первый: аналоговое воздействие оператора на управляющее устройство I дискретизируется, и сигналы с него передаются на программно-аппаратную платформу 2, где обрабатываются и поступают к сервоприводу 5, который воздействует на усилитель и преобразователь вида движения (например, реечный механизм или насос-дозатор ГОРУ) управляемых колес 6. Вычислительно-информационное устройство 3 при этом может выступать в роли информационной приборной панели. Второй способ: аналоговое воздействие на управляющее устройство II дискретизируется, и сигналы с него через адаптер беспроводной связи 4 также передаются на программно-аппаратную платформу 2 к сервоприводу 5 и далее в виде воздействия на управляемые колеса 6.

Представленная схема ИРУ может применяться как в качестве основного, так и в качестве вспомогательного управления. Такая схема

наиболее оптимальна для конструирования и разработки реверсивных постов управления ТТМ, в особенности, если машина оборудована гидроприводом ходовой части. В зарубежных каталогах модели машин с реверсивным постом управления называются BiDirectional, или Reversive, но смысл в том, что рулевое управление может быть перенастроено оператором так, что рулевая колонка с другими органами управления развернется в противоположную сторону. Однако у существующей техники с реверсивной системой управления имеет место значительная стоимость, согласно [8]. Применение предложенной схемы ИРУ позволит устранить указанный недостаток, т.к. одним из преимуществ систем, построенных на основе интеллектуальных мехатронных модулей, является более низкая стоимость в сравнении с традиционными системами управления.

Выводы. В результате исследований установлено, что разработка и применение систем интеллектуального рулевого управления на основе мехатронных модулей улучшит возможности

совершенствования конструктивно-компоновочных схем ТТМ и осуществления их структурных трансформаций при одновременном снижении затрат.

Л и т е р а т у р а

1. Панков А.А. Обоснование концепции разработки универсальных транспортно-технологических средств / А.А. Панков, В.В. Стародуб, С.В. Пилипчук // Научно-технические аспекты инновационного развития транспортного комплекса: сборник научных трудов по материалам VI Международной научно-практической конференции, 20 мая 2020 года. – Донецк: ДАТ, 2020. – С. 100-104.
2. Асанов А.З. Архитектура бортовых информационно-управляющих систем роботизированных большегрузных магистральных автомобилей / А.З. Асанов // Российский технологический журнал. – 2017. – Т.5, № 3. – С. 106-113.
3. Панков А.А. Автоматизация и управление в транспортно-технологических средствах на основе распределенных систем с интеллектуальными мехатронными модулями / А.А. Панков, В.А. Дудник, А.Н. Герман // Научно-технические аспекты инновационного развития транспортного комплекса: сборник научных трудов по материалам VI Международной научно-практической конференции, 20 мая 2020 года. – Донецк: ДАТ, 2020. – С.57-60.
4. Теряев Е. Д. Мехатроника как компьютерная парадигма развития технической кибернетики / Е. Д. Теряев, Н. Б. Филимонов, К. В. Петрин // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2009. – № 6. – С. 2–10.
5. Подураев Ю. В. Мехатроника: основы, методы, применение : [учеб. пособие для студентов вузов] / Юрий Викторович Подураев. – М.: Машиностроение, 2006. – 256 с.
6. Введение в мехатронику: Уч. пособие / Грабченко А.И., Клепиков В.Б., Доброскок В.Л., Крыжний Г.К., Анищенко Н.В., Кутовой Ю.Н., Пшеничников Д.А., Гаращенко Я.Н. – Х.: НТУ "ХПИ", 2014. – 274 с.
7. Готлиб Б. М. Введение в специальность «Мехатроника и робототехника». Курс лекций для студентов специальности 221000 «Мехатроника и робототехника» / Б.М. Готлиб, А.А. Вакалюк. – Екатеринбург : Уральский государственный университет путей сообщения, 2012. – 134 с.
8. Реверсивное управление тракторами. – Режим доступа: <https://dm-st.ru/node/72>

R e f e r e n c e s

1. Pankov A.A. Substantiation of the concept of development of universal transport and technological means / A.A. Pankov, V.V. Starodub, S.V. Pilipchak // Scientific and technical aspects of the innovative development of the transport complex: a collection of scientific papers based on the materials of the VI International Scientific and Practical Conference, May 20, 2020. - Donetsk: DAT, 2020. - S. 100-104.
2. Asanov A.Z. The architecture of on-board information and control systems of robotic heavy-duty mainline vehicles / A.Z. Asanov // Russian technological journal. - 2017. - T.5, No. 3. - S. 106-113.
3. Pankov A.A. Automation and control in transport and technological facilities based on distributed systems with intelligent mechatronic modules / A.A. Pankov, V.A. Dudnik, A.N. German // Scientific and technical aspects of the

innovative development of the transport complex: a collection of scientific papers based on the materials of the VI International Scientific and Practical Conference, May 20, 2020. - Donetsk: DAT, 2020. - P.57-60.

4. Teryaev ED Mechatronics as a computer paradigm for the development of technical cybernetics / ED Teryaev, NB Filimonov, KV Petrin // Mechatronics, automation, control. - 2009. - No. 6. - P. 2–10.
5. Poduraev Yu. V. Mechatronics: fundamentals, methods, application: [textbook. manual for university students] / Yuri Viktorovich Poduraev. - M.: Mashinostroenie, 2006. -- 256 p.
6. Introduction to mechatronics: Uch. allowance / Grabchenko A.I., Klepikov V.B., Dobroskok V.L., Kryzhny G.K., Anischenko N.V., Kutovoy Yu.N., Pshenichnikov D.A., Garashchenko Ya.N. - Kh.: NTU "KhPI", 2014. - 274 p.
7. Gottlieb BM Introduction to the specialty "Mechatronics and Robotics". A course of lectures for students of the specialty 221000 "Mechatronics and Robotics" / B. M. Gotlib, A. A. Vakalyuk. - Yekaterinburg: Ural State Transport University, 2012. -- 134 p.
8. Reversible control of tractors. - Access mode: <https://dm-st.ru/node/72>

Nechaev G. I., Pankov A. A., Shheglov A. V., Korobeinikov D. S.

INTELLIGENT MOTION CONTROL SYSTEM TRANSPORT AND TECHNOLOGICAL MACHINES

The prospects for the development of structures of means of transport and mechanization of technological processes show that increasing the efficiency of their use is associated with the use of new design and layout schemes and organizational methods of operation. Therefore, research, development and improvement of information and control systems of such machines are relevant. The paper proposes the concept of intelligent control of transport and technological machines based on the mechatronic approach and the variable use of control devices. The implementation of a hardware and software control system should be based on configurable hardware and software platforms for interaction with the surrounding physical and technological environment.

Key words: movement, control, machine, layout, hydraulic drive, mechatronics, module.

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 "Lugansk Vladimir Dahl State University".

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 "Lugansk Vladimir Dahl State University".

Щеглов Андрей Викторович, к.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Сельскохозяйственные машины» ГОУ ВО ЛНР Луганский государственный аграрный университет, Луганск.
E-mail: avmeh2011@mail.ru

Shheglov Andrej Viktorovich, Candidate of Sciences, associate Professor, head of the Department "Agricultural machines" of the State educational institution of the LPR Luhansk state agrarian University, Luhansk.

Коробейников Дмитрий Сергеевич, старший преподаватель кафедры «Транспортные технологии» ГОУ

ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», Луганск.
E-mail: dimaktt@mail.ru

Korobeinikov Dmitry Sergeevich, Senior lecturer of the Department "Transport technologies" SEE HT LPR "Lugansk Vladimir Dahl State University".

Рецензент: Тарарычкин Игорь Александрович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Транспортные технологии» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 20.10.2021 г.

УДК 621.1.

**ТОПЛИВОСНАБЖЕНИЕ И ЗОЛОУДАЛЕНИЕ В ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ
УСТАНОВКАХ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ****Нечаев Г.И., Мирошников В.В., Захарчук А.С., Чижевская Д.Ю.,****FUEL SUPPLY AND ASH REMOVAL IN GAS GENERATOR UNITS OF
TRANSPORTATION SYSTEMS ROLLING STOCK****Nechayev G., Miroshnikov V., Zakhazchuk A., Chizhevskaya D.**

В статье рассматривается вопрос, связанный с перспективами использования газогенераторного автотранспорта в транспортной системе. Установлено, что современное состояние технологий заправки и золоудаления в установках для получения тепловой энергии, комбинированной выработки тепловой и электрической энергии, и газогенераторного газа, в том числе для АТС не соответствуют требованиям для газогенераторных установок, устанавливаемых под кузовом АТС. Применение АТС с усовершенствованной газогенераторной установкой в транспортной системе позволит расширить часть промышленного транспорта, эксплуатируемого в народном хозяйстве. Предложены технические решения, позволяющие эффективно выполнять заправку и золоудаление в газогенераторных установках. Предложена структурная схема комплекса для ТО и ТР газогенераторной аппаратуры автомобилей с элементами ГБО, работающей на пеллетном топливе с учетом усовершенствования системы заправки и золоудаления.

Ключевые слова: газогенераторные автомобили, газогенераторная установка, кусковое топливо.

По данным всемирного банка в 2018 года доля России в общем объеме производимых за год ТКО 2,8%, а это 70 млн тонн или 480 кг отходов на человека в год [1]. Из них на долю древесины и пластика по 3%, а пластик в свою очередь содержит полиэтилена 34% и 20% ПЭТ [2].

Министерством промышленности и торговли России и утвержденной в январе 2018 года в “Стратегии развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года”, указывается на то, что “твердые коммунальные отходы (ТКО) практически не сортируются, отмечается низкий уровень их утилизации: в хозяйственный оборот вовлекается только около 7-15 % собираемых ТКО, остальная их часть обычно направляется на захоронение”. Из доклада Greenpeace “Что делать с мусором в России” и ведущего профильного российского форума WasteTech следует, что 90- 94% всех ТКО в

стране свозится на мусорные полигоны и свалки, 2-3% – сжигается и 4-7% – перерабатывается [1].

По данным экспертов агентства «Автостат» Россия располагается на пятом месте в двадцатке стран с самым многочисленным автопарком – более 45,4 мил. автомобилей [3]. Наличие такого парка АТС особенно в больших городах приводит к ухудшению экологической ситуации. На долю АТС приходится более от 43 до 70% выбросов как токсичных так и нетоксичных веществ [4].

Как сообщает РИА Новости со ссылкой на презентацию “Росгеологии” запасов газа в России хватит на 70 лет добычи, нефти - на 30 лет добычи с учетом текущих темпов [5].

Одним из путей решения этих проблем особенно для промышленного транспорта является использование газогенераторных автомобилей работающих на альтернативных видах топлива - отходах сельского хозяйства, деревоперерабатывающей и лесной промышленности, и ТКО (древесины, полиэтилена и ПЭТ) [6].

Для внедрения в транспортную систему газогенераторных АТС необходимо усовершенствовать газогенераторные установки используя современных конструктивные элементы установок для получения тепловой энергии [7], комбинированной выработки тепловой и электрической энергии [8], и газогенераторного газа в том числе для АТС [9], а так же оптимизировать структуру комплекса для ТО и ТР усовершенствованной газогенераторной аппаратуры автомобилей с элементами ГБО, работающей на пеллетном топливе.

Целью исследования является усовершенствование системы заправки и золоудаления газогенераторной автомобильной установки, расположенной под кузовом автомобиля позволяющая оптимизировать структуру комплекса для ТО и ТР газогенераторной аппаратуры автомобилей с элементами ГБО, работающей на пеллетном топливе.

Метод решения. В отопительно-производственных котельных применяется ручное, пневматическое или механическое золоудаление. При пневматическом зола транспортируется воздушным потоком из золовых бункеров по трубам к бункеру, расположенному вне котельной. Механическое золоудаление применяется в различных вариантах - наиболее простая система скреперного золоудаления [10].

Удаление золы из газогенератора большой мощности предназначенного для выработки генераторного газа или электроэнергии осуществляется сухим способом через фланец, который находится внизу наклонного дна реактора, а затем при помощи винтового транспортера с водяным охлаждением и двух запорных люков поступает в приемный контейнер [11].

Зольник бытовых pelletных котлов в основном чистят вручную. Применяют также пневмоудаление золы пылесосом.

Наиболее эффективно автоматическое золоудаление для отвода золы из корпуса котла в дополнительный зольник (рис. 1). Полностью автоматическое золоудаление осуществляется с помощью шнекового транспортера с мотор-редуктором, который отводит золу из камеры под горелкой в периодических интервалах раз в 1, 3, 6, 12 или 24 часа согласно настройке для конкретного типа топлива. Функционирует золоудаление и в ручном режиме. После тщательного расчета в зависимости от зольности топлива выбирают размеры зольника. После заполнения дополнительного зольника шнековый транспортер будет автоматически отключен и модуль регулировки золоудаления подаст звуковой сигнал [7, 13].

При эксплуатации автомобильного газогенератора удаление золы и угольной мелочи из зольника, а также для очистки газогенератора от остатков топлива и шлака выполняют вручную через люк в нижней его части [6, 9].

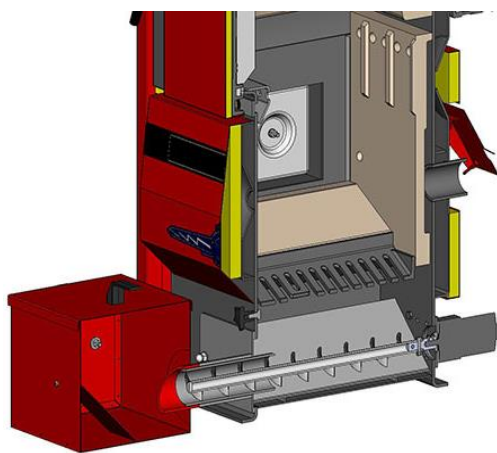


Рис. 1. Нагревательный pelletный котел с автоматическим золоудалением

Проанализировав современное состояние технологий золоудаления в установках для получения тепловой энергии, комбинированной выработки тепловой и электрической энергии, и газогенераторного газа, в том числе для АТС можно сделать вывод:

- Ручное удаление золы не эффективно;
- Применение пневматического удаления золы требует дополнительного оборудования компрессора источника питания и т.п.;
- Скреперное золоудаление также предполагает наличие дополнительного оборудования;
- При шнековом золоудалении требуется дополнительный зольник, шнековый транспортер с мотор-редуктор.

Из рассмотренных методов наиболее эффективный для конструкции газогенераторной установки размещенной под кузовом автомобиля ГАЗ-330202 «ГАЗель» [6] пневматический метод удаления золы.

На основании анализа современного состояния технологий золоудаления в установках для получения тепловой энергии, комбинированной выработки тепловой и электрической энергии, и газогенераторного газа, в том числе для АТС выполнено усовершенствование газогенераторной установки размещенной под кузовом автомобиля ГАЗ-330202 «ГАЗель» в транспортной системе [6] путем применения пневматической системы золоудаления, схема которой представлена на рисунке 2.

Модернизированная газогенераторная установка, использующая пневматическую систему золоудаления, функционирует следующим образом. Загрузку бункера-ворошителя (1) автомобильной газогенераторной установки установленной на раме (2) под кузовом автомобиля (рис. 1) выполняют при заглушенном двигателе с помощью автозаправщика – автосилос (3) или pelletного бункера склада (4). Перед загрузкой бункера-ворошителя (1) закрывается патрубок генераторного газа (5) с помощью трехходового газового теплоустойчивого крана (6) и спускается генераторный газ, находящийся в газогенераторной установке. Контроль за ходом удаления газогенераторного газа осуществляют через отверстие в кране (6) и с помощью переносного газоанализатора PORRDZBI (7) (предназначен для обнаружения пропана, метана и других веществ [13]) контролируют наличие газа в газогенераторе. После удаления газа открывают приемный штуцер (8) предназначенный для закачки pellet и к нему присоединяют резиновый 3-дюймовый или 4-дюймовый шланг (9) длиной от 6 м до 25 м с внутренним тефлоновым покрытием для уменьшения истираемости pellet. Затем открывают штуцер (10) установленный на зольнике (11), и подключают второй шланг к штуцеру зольника. Водитель-оператор включает из кабины компрессор, управляемый с помощью дистанционного пульта управления и pelletты вдуваются по шлангу в

бункер-ворошитель или бункер-склад. Скорость выгрузки пеллет в среднем 1 м³ (650 кг) за 7 минут [14]. Воздух вместе с пылью, образовавшуюся при транспортировке пеллет, как автозаправщиком – авто-силос или пеллетным бункер-складом, так и шнеками в газогенераторной установке движется в зольник захватывает золу и по трубопроводу перемещает в бункер сбора золы (12). При заправке пеллетного бункера-склада во время заправки пеллет пыль отсасывается в отдельный мешок (13). После заполнения бункера-ворошителя до определенного уровня шланги отсоединяют и штуцера герметично закрывают.

В случае невозможности использовать автозаправщик – автосилос или пеллетный бункер склад перед загрузкой вручную бункера-ворошителя

снимают крышку (14) и до определенного уровня засыпают кусковое топливо (15). Зола удаляют вручную или с помощью переносной шнековой установки. Крышку герметично закрывают.

После загрузки патрубков генераторного газа закрыт с помощью трехходового газового крана. Для нового запуска газогенераторной установки после загрузки и очистки зольника нужно выключить и включить выключатель на дисплее пульта управления (16) (с помощью которого выставляется необходимый режим работы, периодичность подачи пеллет в газогенератор в зависимости от заданных настроек) установленным на панели приборов (17) в кабине автомобиля «ГАЗель» и придержать его приблизительно 5 - 10 сек.

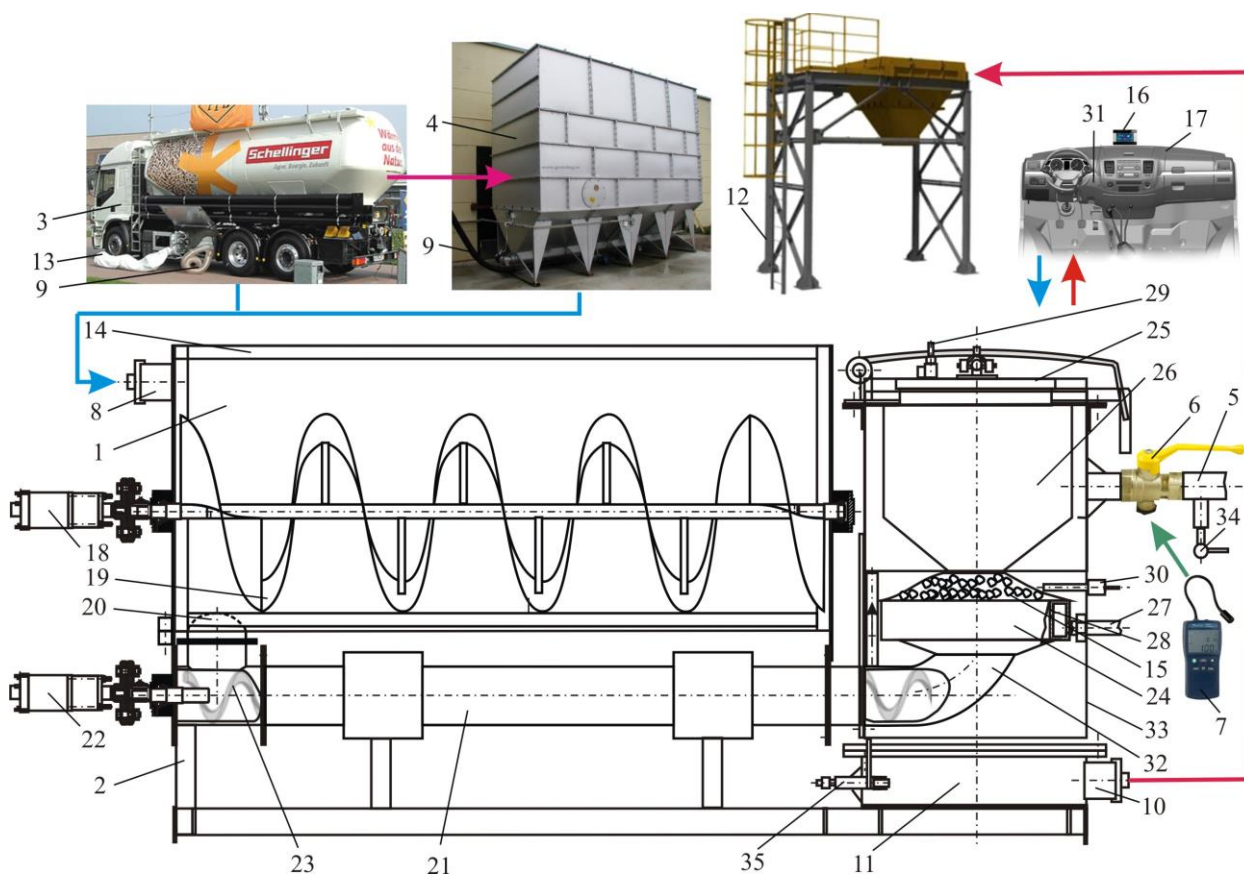


Рис. 2. Схема конструкции газогенераторной установки размещенной под кузовом автомобиля ГАЗ-330202 «ГАЗель»:

1 – бункер - ворошитель; 2 – рама; 3 – автозаправщик – автосилос; 4 – пеллетный бункер склад; 5 – патрубок генераторного газа; 6 – трехходовой газовый теплостойкий кран; 7 – переносной газоанализатор PORRDZBI; 8 – приемный штуцер; 9 – резиновый шланг; 10 – штуцер для отвода золы; 11 – зольник; 12 – бункер сбора золы; 13 – мешок; 14 – крышка; 15 – кусковое топливо; 16 – дисплей пульта управления; 17 – панель приборов; 18 – привод ленточного шнека; 19 – ленточный шнек; 20 – разгрузочное окно; 21 – пеллетная горелка объемного типа; 22 – привод безосевого шнека; 23 – безосевой шнек; 24 – реактор; 25 – крышка загрузочного бункера; 26 – топливный бункер; 27 – воз-душный коллектор; 28 – отверстия для подачи воздуха; 29 – предохранительный клапан; 30 – керамический нагревательный элемент; 31 – переключатель вида топлива; 32 – корпус пеллетной горелки; 33 – корпус газогенератора; 34 – прибор для измерения тем-пературы; 35 – шуровочный механизм

Далее для обоих случаев включается привод (18) ленточного шнека (19). Топливо с помощью ленточного шнека транспортируется через разгрузочное окно (20) в пеллетную горелку объемного типа (21). Включают привод (22) безосевого шнека (23). С помощью безосевого шнека сначала заполняется топливом реактор (24) комбинированного автомобильного газогенератора изготовленный из жаростойкого чугуна, а затем кусковым твердым топливом через крышку загрузочного бункера (25) топливный бункер (26) при этом между топливным бункером и реактором образуется столб кускового твердого топлива. Пеллетная горелка подает топливо до тех пор, пока резко не возрастет нагрузка на двигатель привода безосевого шнека. При возрастании нагрузки происходит отключение двигателя.

С помощью воздушного коллектора (27) в реакционную зону подается воздух, который сначала попадает в корпус реактора, а затем проходит через пять отверстий (28). Топливо воспламеняется и подача воздуха прекращается. Для предотвращения выхода генераторного газа из газогенератора при остановке двигателя предусмотрен предохранительный клапан (29).

Розжиг топлива осуществляют керамическим нагревательным элементом (30).

После предварительных операций газогенератор выходит на рабочий режим. Образовавшийся генераторный газ выдавливает воздух из газогенератора через отверстие в трехходовом кране. С помощью газоанализатора контролируется выход воздуха. При звуком сигнале газоанализатора указывающем на наличие генераторного газа выходное отверстие перекрывается и открывается патрубок генераторного газа с помощью трехходового крана. Система питания двигателя загерметизирована и заполнена генераторным газом.

С помощью переключателя вида топлива (31) устанавливаем режим «бензин». Запускаем двигатель автомобиля. При выходе двигателя на рабочий режим переключаем в положение «газ».

В процессе эксплуатации газогенераторной установки в верхней части реактора реализуется процесс пиролизной газификации кускового твердого топлива, в нижней - газификация пеллетного топлива, а в средней - газификация смол, выделяющихся из обоих видов топлива. Образующийся газогенераторный газ движется в нижнюю часть реактора, затем по корпусу пеллетной горелки (32), и попадает по трубопроводу в полость между топливным бункером и корпусом газогенератора (33), и далее, к патрубку генераторного газа расположенному в верхней части корпуса газогенератора к которому присоединен магистральный трубопровод, подключенный к двигателю. При таком движении газа происходит

обогрев топливного бункера, стабилизируются термохимические процессы, протекающие в реакционной зоне пеллетной горелки. При этом происходит подсушка твердого топлива, а газ - охлаждается.

В процессе газификации соотношение пеллетного топлива к золе в реакторе уменьшается и реакционная зона уменьшается, температура газа падает, что фиксирует прибор для измерения температуры (34). Прибор передает сигнал на включение привода безосевого шнека пеллетной горелки и привода ленточного шнека. Поступающее в реактор пеллетное топливо вытесняет золу и, возможно, небольшое количество не до газифицированного топлива. Зола и не до газифицированное топливо осыпаются на колосниковые решетки шуровочного механизма (35) на которых не до газифицированное топливо полностью газифицируются. Периодически выполняют шуровку шуровочным механизмом, при этом зола просыпается в камеру зольника. При заполнении реактора, столб пеллетного топлива поднимается и давит на столб кускового твердого топлива, осыпающегося из топливного бункера, нагрузка на двигатель привода, вращающий шнек пеллетной горелки, резко возрастает, и он отключается.

В случае повышения давления в газогенераторе излишек газа выходит в атмосферу через предохранительный клапан.

Кроме того, газогенератор, при использовании горелки объемного горения, будет обеспечен датчиком пламени, системой автоматического тушения, датчиком переполнения шнека топливом или перерабатываемого материала и температуры.

С учетом выше изложенного разработана схема сервисного предприятия для ТО и ТР автомобилей с элементами ГБО, работающих на пеллетах, предназначено для выполнения всех необходимых работ по обслуживанию газогенераторной установки с элементами ГБО системы питания двигателя и включает в себя (рис. 3):

- пост проверки герметичности газогенераторной аппаратуры и газовой системы питания;
- зону диагностики и ТО газогенераторной и газовой аппаратуры;
- зону ТР газогенераторной аппаратуры автомобилей с элементами ГБО и переоборудования автомобилей;
- участок ремонта газогенераторной аппаратуры и газовой аппаратуры;
- оборотный склад газогенераторной и газовой аппаратуры;
- пеллетный бункерный склад оборудованный постом удаления золы и лабораторией по контролю качества пеллетного топлива.

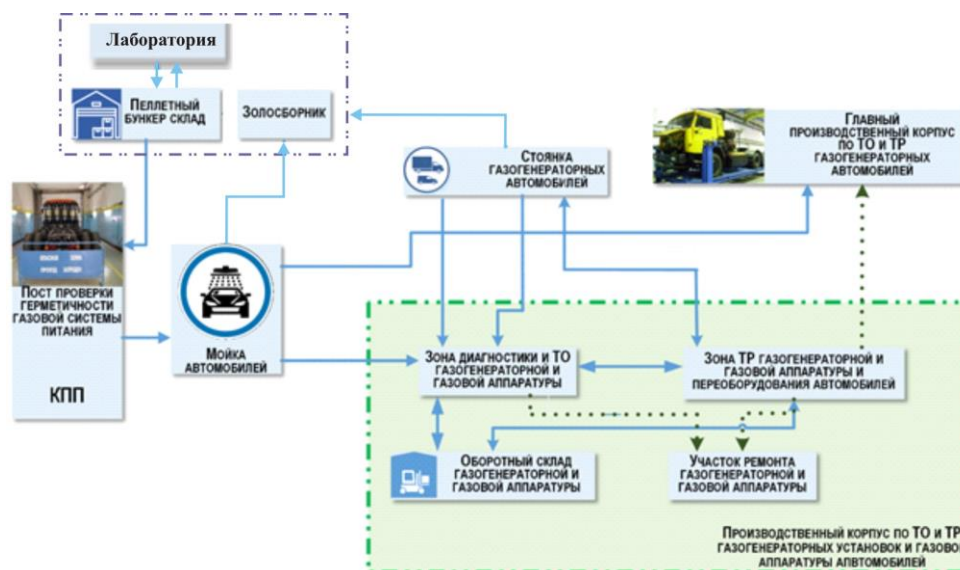


Рис. 3. Структурная схема комплекса для ТО и ТР газогенераторной аппаратуры автомобилей с элементами ГБО, работающей на pelletном топливе

Вывод. 1. Усовершенствована система заправки и золоудаления газогенераторной автомобильной установки за счет размещения на нее отводящего устройства.

2. Разработана методика функционирования газогенераторной установки с учетом заправки и золоудаления.

3. Для заправки и золоудаления использовали воздушный поток, нагнетаемый компрессором автозаправщика – автосилос или pelletного бункер-склада, перемещающий pelletты.

4. Для контроля наличия генераторного газа в установке после разгерметизации и запуска, использовали переносной газоанализатор PORRDZBI.

5. Разработана структурная схема комплекса для ТО и ТР газогенераторной аппаратуры автомобилей с элементами ГБО, работающей на pelletном топливе с учетом усовершенствования системы заправки и золоудаления.

6. Наиболее эффективно использовать АТС с усовершенствованной газогенераторной установкой для транспортной системы народного хозяйства.

Литература

1. Бытовые отходы в России: когда исчезнут свалки? <https://www.factograph.info/a/29394193.html>
2. "Утилизация и переработка упаковки" <http://www.solidwaste.ru/publ/view/797.html>
3. Сколько автомобилей ездит по российским дорогам? <https://carzclub.ru/article/skolko-avtomobil>
4. Никишин В.Н. Обеспечение экологической безопасности автотранспортного комплекса: учебное пособие / В.Н. Никишин, Е.П. Барыльникова. – Набережные Челны, 2019. – 232 с.
5. Росгеология предупредила о риске истощения запасов нефти в России через 30 лет <https://www.vedomosti.ru/economics/news/2021/09/20/887451->

rosgeologiya-predupredila-o-riske-istoscheniya-zapasov-nefti-v-rossii-cherez-30-let

6. 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.

7. Комбинированный пиролизный котел ATMOS DC EP с pelletной или газовой горелкой <https://vdsistem.ru/atmos/atmos-dc-ep>

8. Жихар Г. И. Использование местных топлив для комбинированной выработки тепловой и электрической энергии // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. 2011. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-mestnyh-toplivdlya-kombinirovannoy-vyrabotki-teplovoy-i-elektricheskoy-energii>

9. ООО «БЕСТ СЕРВИС.КО» <https://gazogenerator.com.ua/contacts>

10. Золоудаление: методы и способы осуществления. <https://teplolider.ua/polezno-znat/zoloudalenie-metody-i-sposoby-osushchestvleniya.html>

11. Газогенераторная установка http://www.freedomenergy.if.ua/technology_02.html

12. Автоматическое удаление золы Biopel <https://www.komfort-eco.ru/files/pubs/files/8/biopel-zola.pdf>

13. Переносной газоанализатор для метана <https://www.seitron.ru/assets/docs/PORRDZBI.pdf>

14. Особенности перевозки pellet специализированным транспортом в Германии <https://bio.ukr.bio/ru/articles/3924/>

References

1. Bytovye othody v Rossii: kogda ischezut svalki? <https://www.factograph.info/a/29394193.html>
2. "Utilizaciya i pererabotka upakovki" <http://www.solidwaste.ru/publ/view/797.html>
3. Skol'ko avtomobilej ezdit po rossijskim dorogam? <https://carzclub.ru/article/skolko-avtomobil>
4. Nikishin V.N. Obespechenie ekologicheskoy bezopasnosti avtotransportnogo kompleksa: uchebnoye posobie /

V.N. Nikishin, E.P. Baryl'nikova. – Naberezhnye Chelny, 2019. – 232 s.

5. Rosgeologiya predupredila o riske istoshcheniya zapasov nefti v Rossii cherez 30 let <https://www.vedomosti.ru/economics/news/2021/09/20/887451-rosgeologiya-predupredila-o-riske-istoscheniya-zapasov-nefti-v-rossii-cherez-30-let>

6. Pat. 67440 Ukraina, MPK F23K 3/00 Pristrij dlya podachi tverdogo paliva do ustanovok dlya spalyuvannya / Gubacheva L.O., Andreev O.O., Shevchenko D.YU.; заявник Gubacheva L.O., patentovlasnik Skhidnoukrains'kij nacional'nij universitet imeni Volodimira Dalia; – № 201107909 ; заявл. 23.06.2011; opubl. 27.02.2012, Byul. № 4.

7. Kombinirovannyj piroliznyj kotel ATMOS DS EP s pelletnoj ili gazovoj gorelkoj <https://vdsistem.ru/atmos/atmos-dc-ep>

8. ZHihar G. I. Ispol'zovanie mestnyh topliv dlya kombinirovannoj vyrabotki teplovoj i elektricheskoy energii // Energetika. Izvestiya vyssih uchebnyh zavedenij i energeticheskikh ob"edinenij SNG. 2011. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-mestnyh-toplivdlya-kombinirovannoy-vyrabotki-teplovoy-i-elektricheskoy-energii>

9. ООО «BEST SERVIS.KO» <https://gazogenerator.com.ua/contacts>

10. Zoloudalenie: metody i sposoby osushchestvleniya. <https://teplolider.ua/polezno-znat/zoloudalenie-metody-i-sposoby-osushchestvleniya.html>

11. Gazogeneratomaya ustanovka http://www.freedomenergy.if.ua/technology_02.html

12. Avtomaticheskoe udalenie zoly Biopel <https://www.komfort-eco.ru/files/pubs/files/8/biopel-zola.pdf>

13. Perenosnoj gazoanalizator dlya metana <https://www.seitron.ru/assets/docs/PORRDZBI.pdf>

14. Osobennosti perevozki pellet specializirovannym transportom v Germanii <https://bio.ukr.bio/ru/articles/3924/>

Nechayev G., Miroshnikov V., Zakhazchuk A., Chizhevskaya D.

FUEL SUPPLY AND ASH REMOVAL IN GAS GENERATOR UNITS OF TRANSPORTATION SYSTEMS ROLLING STOCK

The article discusses the issue associated with the prospects for the use of gas-generating vehicles in the transport system. It has been established that the current state of the technology of filling and ash removal in installations for generating thermal energy, combined generation of heat and electricity, and gas generator gas, including for vehicles, do not meet the requirements for gas generating units installed under the body of vehicles. The use of automatic telephone exchanges with an improved gas generator unit in the transport system will make it possible to expand the part of industrial transport used in the national economy. Technical solutions have been proposed that make it possible to efficiently carry out filling and ash removal in gas generating plants. A structural diagram of a complex for maintenance and repair of gas generator equipment for cars with LPG

elements, operating on pellet fuel, taking into account the improvement of the filling and ash removal system, is proposed.

Key words: gas generating vehicles, gas generating plant, lump fuel.

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".

Захарчук Александр Сидорович, д.т.н., профессор кафедры электроэнергетики, Институт транспорта и логистики, ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

E-mail: logistikatt@mail.ru

Zakharchuk Alexander, Doctor of Technical Sciences (Engineering), Professor of the «Electric Power Industry» SEE HT LPR "Lugansk Vladimir Dahl State University".

Мирошников Вадим Владимирович, д.т.н., профессор кафедры приборы, Институт транспорта и логистики, ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

E-mail: logistikatt@mail.ru

Miroshnikov Vadim, Doctor of Technical Sciences (Engineering), Professor of the «Appliances» 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".

Рецензент: Тарарычкин Игорь Александрович, д.т.н., проф. зав. кафедрой транспортных технологий, ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 19.09.2021 года

УДК 338

ФУНКЦИИ ТЕНЕВОЙ ЭКОНОМИКИ, СТРУКТУРА, КЛАССИФИКАЦИЯ**Орешкин М.В., Макарова Е.И.****FUNCTIONS OF THE SHADOW ECONOMY, STRUCTURE, CLASSIFICATION****Oreshkin M.V., Makarova E.I.**

В настоящее время все большее распространение приобретает в мире теневая экономика. Отсюда следует необходимость изучить функции теневой экономики, её структуру и классифицировать это явление. Всё это необходимо для более целенаправленной борьбы с негативными последствиями этого явления и возможности их нивелирования.

Ключевые слова: теневая экономика, структура, функции, классификация

Введение. Как следует из большого числа исследований влияния теневой экономики на результаты хозяйствования исследователи приходят к мысли о том, что она сама по себе и её масштабы в полной мере зависят от условий функционирования главной («белой», «первой») экономики [1, 2]. И в случае её успешного функционирования она полностью гасит экономику теневую (рис. 1)

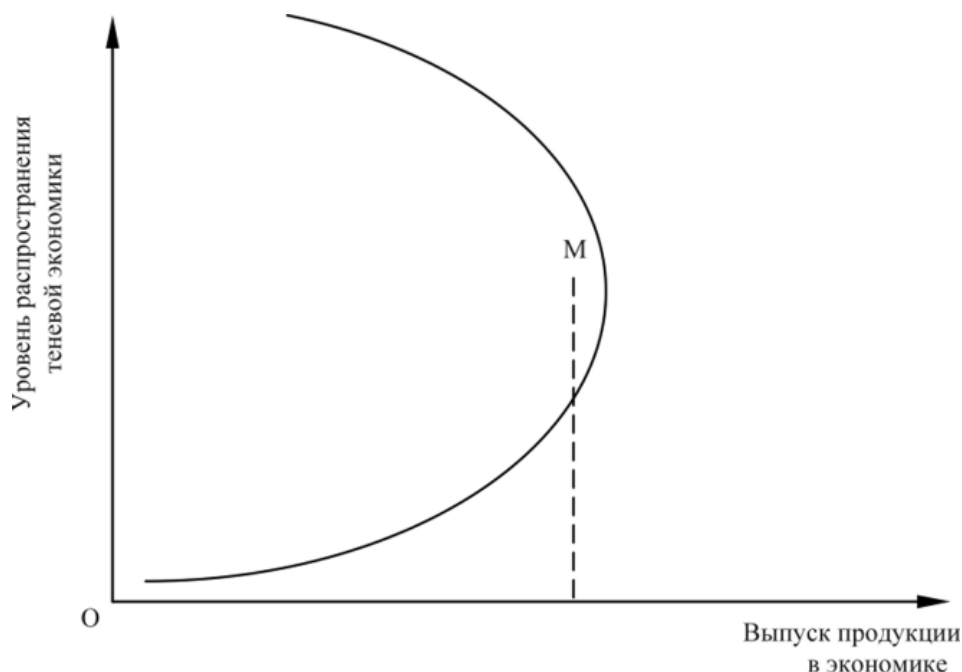


Рис. 1. Погашение теневой экономики путём выпуска достаточного количества продукции в легальной экономике. М – точка (линия) перехода

Представим себе на миг такую картину: состояние главной (легальной) экономики идеальное, она развивается без кризисов, в полном правовом поле, при наличии достаточных объёмов сырьевых, энергетических и трудовых ресурсов; запросы потребителей на товары и услуги удовлетворены; на рынке спрос и предложения совпадают, то есть нет ни дефицита, ни перепроизводства товаров; отсутствует безработица.

Тогда возникает вопрос: теневая экономика в таком случае возможна? Ответ: естественно, её не будет! Однако в любой другой момент она может появиться, когда произойдут какие-то сбои в функционировании главной («первой») экономики, к примеру, глубокий экономический кризис.

И реальные факты функционирования мировой экономики подтверждают существование теневой экономики повсеместно (рис.2)

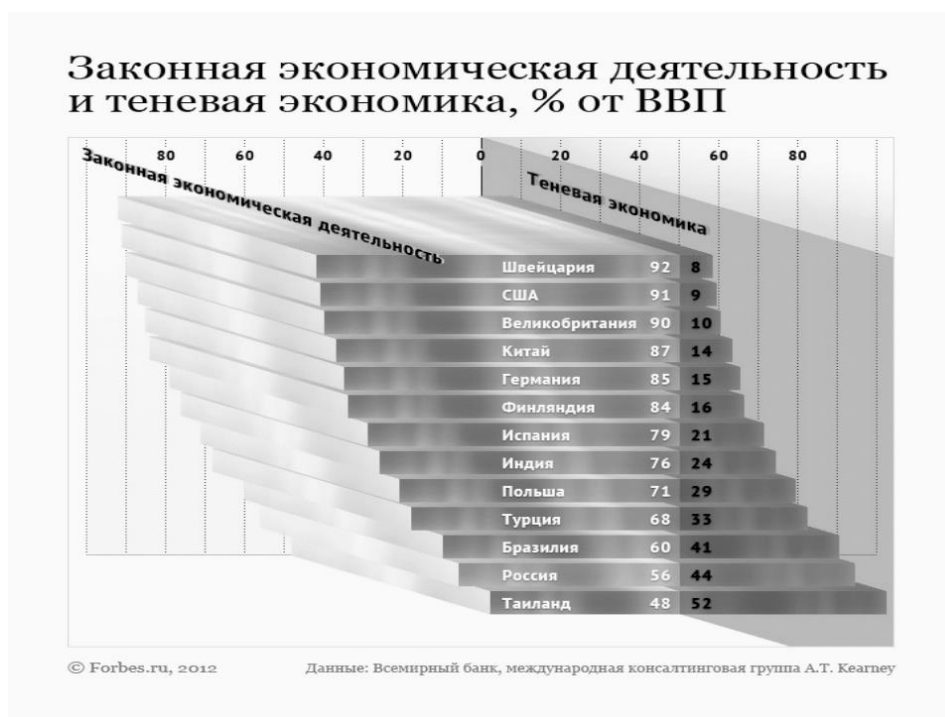


Рис. 2. Теневая экономика в современном мире: законная экономическая деятельность и теневая экономика, % от ВВП в 2012 году

Таким образом, мы вправе говорить о наличии тесной взаимосвязи, как явлений в обществе, главной и теневой экономик, что вторая из них (и её масштабы) определяются явлениями в легальной

экономике. Однако процессы, порождающие теневую экономику несколько сложнее (рис. 3). И разновидности её достаточно многогранны.

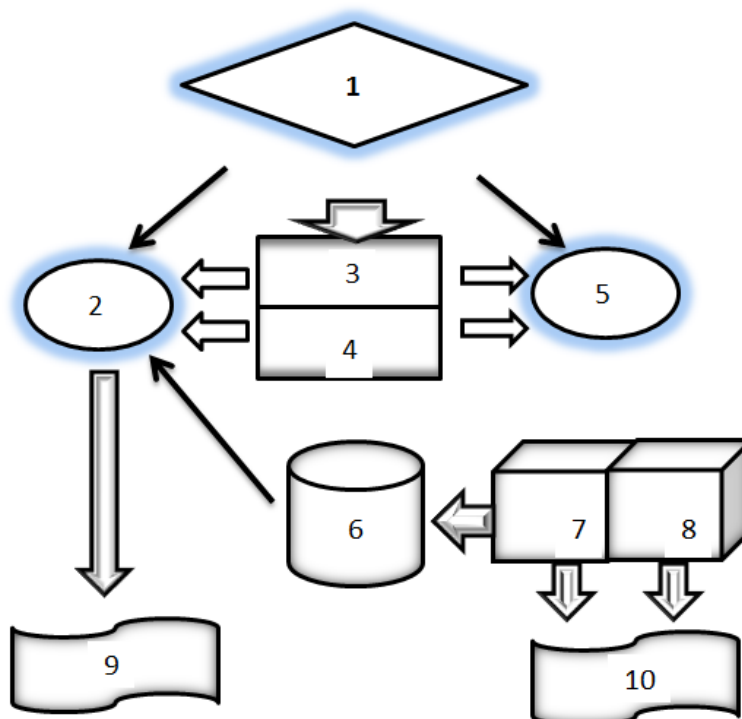


Рис. 3. Структура и разновидности теневой экономики и их взаимосвязь. 1 – Теневая экономика (ТЭ); 2 – неформальная (не криминальная) экономика; 3 – скрытая экономика; 4 – фиктивная экономика; 5 – нелегальная (криминальная) экономика; 6 – параллельная экономика; 7 – организованная преступность; 8 – криминальный бизнес; 9 – возвращается в легальную экономику; 10 – не возвращается в легальную экономику

Цель работы. Исследование явления «теневая экономика» подразумевает не только раскрытие её сущности, причин и условий её функционирования, но и определение её функций. Именно в её функциях выражается её двойственная роль: позитивная – сглаживание отрицательных условий

по развитию предпринимательства и негативной – антисоциальное перераспределение доходов общества и уменьшение его благосостояния, снижение эффективности системы управления экономикой в целом. Предлагаем к рассмотрению рис. 4.

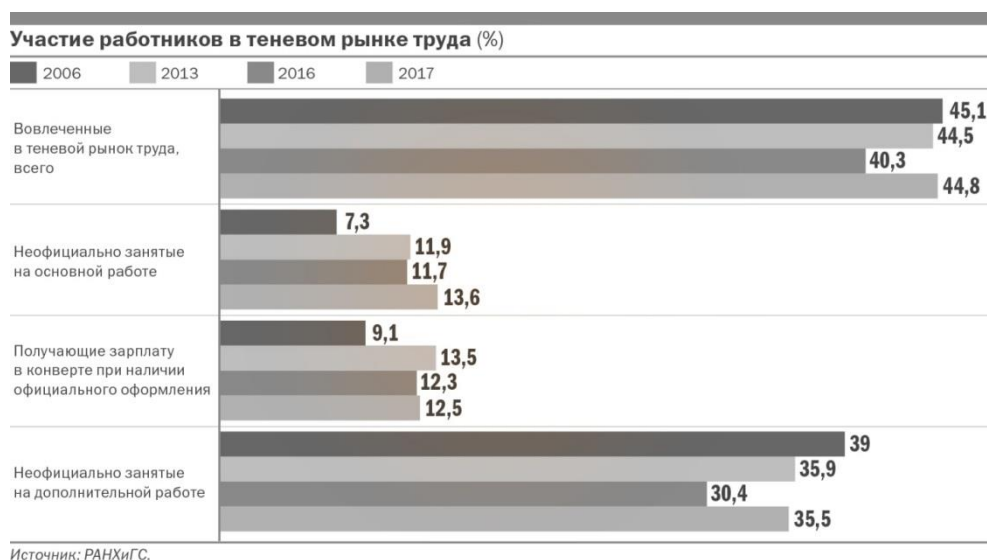


Рис. 4. Участие работников в России в теневом рынке труда в 2017 году, в %

Теневой экономике присущи три основных группы взаимосвязанных функций: экономическая функция; социальная функция; позитивная функция.

Рассмотрим экономические функции теневой экономики. Экономические функции включают в себя: стабилизирующую функцию, дестабилизирующую функцию, конструктивную функцию, стабилизационную функцию, паразитическую функцию и деструктивную функцию, которые наблюдаются в рыночных условиях и особенно – в переходной экономике.

Стабилизирующая функция. Неофициальная («серая») экономика позволяет повысить конкурентоспособность товаров и услуг, поскольку экономит на налоговых изъятиях. Доходы от теневой деятельности, не облагаемые налогами, позволяют повысить жизненный уровень вовлеченных в нее слоев населения. В переходной экономике России 90-х гг. теневые некриминальные доходы, включая не учитываемую официально заработную плату «в конверте», были, по меньшей мере, сопоставимы по величине с легальной заработной платой. Создавая новые рабочие места и источники доходов, неофициальная экономика выполняет, особенно в условиях экономического кризиса, функцию социального стабилизатора, сглаживает чрезмерное неравенство доходов, уменьшает социальное напряжение в обществе.

Дестабилизирующая функция. Криминализация хозяйственной деятельности создает серьезную угрозу стабильности общества. Массовое уклонение от уплаты налогов порождает хронический бюджетный кризис, что и произошло в

России во второй половине 90-х гг. и явилось одной из главных причин финансового кризиса 1998 г. Теневой сектор в своей некриминальной части нередко характеризуется низким техническим уровнем, что ведет к декавалификации занятой в нем рабочей силы (например, когда на ремонтно-строительных работах были заняты высококвалифицированные инженеры и рабочие, чьи специальности не были востребованы в новых условиях).

Дестабилизирующая функция ярко проявляется в том, что она противостоит экономической безопасности общества, правда как один из сегментов этой опасности, но по долевого вкладу превосходящий все остальные (рис. 5).

Стабилизационная функция, проявляющаяся в способности разрешать деструктивные противоречия. Теневая экономика, реализуя стабилизационную функцию, обеспечивает восстановление равновесия системы, что происходит в процессе разрешения деструктивного противоречия и приводит к сокращению теневого сектора.

Конструктивная функция, предполагающая разрешение противоречий деструктивного характера, существующих в хозяйственной системе. И если стабилизационная функция позволяет теневой экономике сохранить, или частично восстановить существующую систему и ее качественные характеристики, то реализация конструктивной функции дополнительно влечет за собой изменение качественных характеристик системы, т.е. ее развитие.



Рис. 5. Составляющие экономической безопасности

Паразитическая функция теневой экономики выступает формой проявления деструктивных экономических противоречий в виде деятельности паразитического сектора (перераспределительного, более присущего криминальной экономике и коррупции), который стремится сохранить качественные характеристики экономической системы с целью дальнейшего проявления паразитизма. По мнению исследователей, деятельность в этом случае направлена на использование экономических ресурсов в целях собственного потребления.

Деструктивная функция заключается в том, что теневая экономика является формой проявления деструктивных противоречий, разрушающие целостность экономики как системы и способствуют утрате ее качественных характеристик и приводит к разрыву единого целого на самостоятельные части, что приводит к деформации производственных отношений, при этом ослабевают функциональные связи элементов экономической системы и активизируются системоразрушающие связи.

Социальные функции теневой экономики состоит из следующего ряда:

Иновационная функция. Ярким примером иновационной функции теневых отношений, связанной с созданием новых организационных структур внутри той же самой социально-экономической системы, является институциональная коррупция эпохи перехода от капитализма свободной конкуренции к олигополистическому капитализму.

Дублирующая функция. Вторая социальная функция теневой экономики заключается в дублировании господствующих в обществе социально-экономических институтов. Множественность институтов, выполняющих схожие функции, ведет к постоянной конкуренции между ними, а тем самым к отбору лучших и совершенствованию работы всех участников институциональной конкуренции.

Тезис о теневой экономике как дубликаторе господствующих институтов наиболее очевиден в отношении «серого» (неформального) и «второго» («беловоротничкового») сегментов современной теневой экономической деятельности. В обоих случаях перед нами – рынок, на котором действуют законы конкуренции, а цена товаров и услуг формируется под влиянием спроса и предложения. Но и «черная» теневая экономика, основанная, казалось бы, на применении насилия, тоже является выражением легальных институтов. Если рассмотреть организованную преступность с точки зрения теории организации, то можно выделить черты, сближающие преступную организацию (мафию) со всеми тремя типами экономических субъектов легальной экономики – и с фирмой, и с государством, и с домохозяйством.

Современная организованная преступность является, по существу, особой отраслью бизнеса – экономической деятельностью профессиональных преступников, направленной на удовлетворение считающихся антиобщественными остродефицитных потребностей рядовых граждан. Организованную преступную группу можно интерпретировать как систему неформальных (негласных) отношенческих контрактов, минимизирующих транзакционные издержки преступной деятельности.

Утилизационная функция. Третья функция теневой экономики – это функция утилизации: в сферу теневых отношений «сбрасываются» элементы отживших социально-экономических систем. В теневой экономике эти устаревшие институты продолжают еще долго действовать, сохраняя потенциальную возможность пережить «второе рождение». Поэтому разрастание теневых отношений часто означает регенерацию пережитых институтов, что ведет к торможению общественного развития.

Например, вытеснение «экономики насилия» из легальной сферы в теневую можно проследить на

примере эволюции торговли людьми. Европейская цивилизация от античной свободы торговли любыми категориями людей перешла сначала к ограничению категорий тех, кем можно торговать, затем к запрету отдельных каналов работорговли, затем к запрету не только работорговли, но и близких к ней форм хозяйственной деятельности.

Результаты исследований. В плане методологии исследования теневой экономики нам

представляется целесообразным обратиться к рисунку 6, где дана схема методов определения параметров теневой экономики. Но это актуально для детальных исследований, а поскольку мы исследуем в первую очередь методологическую составляющую исследования данного явления, мы пойдём большей мере обобщающе-интегральным путём. И отметим следующее.

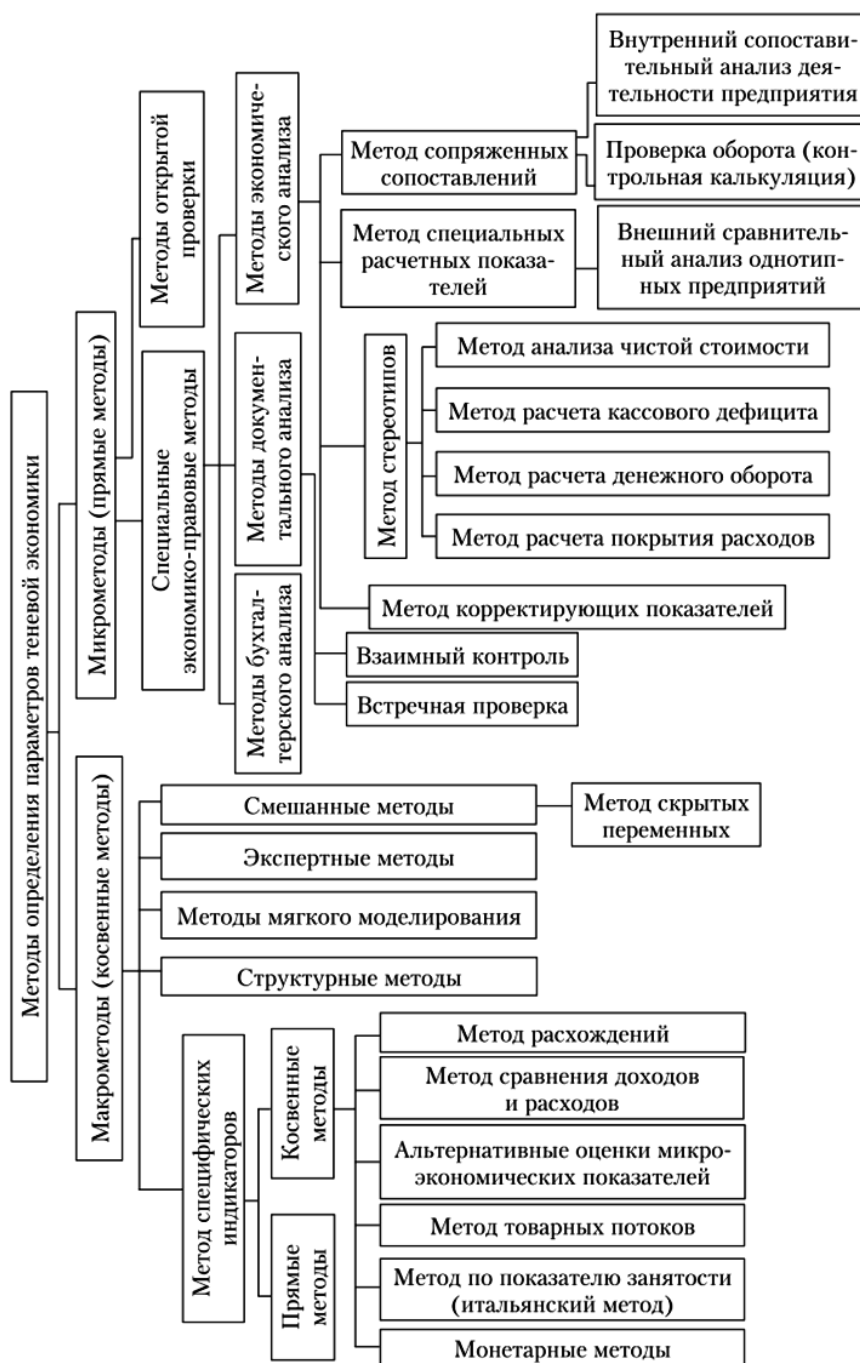


Рис. 6. Методы определения параметров теневой экономики

Выделенные три функции теневой экономики – инновационная, дублирующая и утилизационная – изменяются по определенной системе. Когда происходит рождение нового социально-экономического строя, то наиболее активно выполняются инновационная и утилизационная функция. Когда же общество проходит период становления, то инновационная и утилизационная функции отходят на задний план, более важной становится дублирующая функция. Наличие теневого сектора экономики делает развитие общества в целом более устойчивым и безопасным, хотя в конкретные исторические периоды деструктивное влияние теневых отношений может превалировать над конструктивным.

Позитивные функции теневой экономики.

Позитивные функции теневой экономики в рыночных условиях выделил швейцарский экономист Дитер Кассел [3, 4]. Они включают в себя следующие функции:

- аллокационные функции («экономическая смазка»), осуществляющая сглаживание перепадов в экономической конъюнктуре при помощи перераспределения ресурсов между легальной и теневой экономикой (когда легальная экономика переживает кризис, производственные ресурсы не пропадают, а переливаются в «тень»);
- теневая экономика подпитывает своими ресурсами легальную, выполняя тем самым

функцию «встроенного стабилизатора». Большая часть теневых операций осуществляется для решения критических проблем предприятия, предотвращения остановок производства, удержания людей на том или ином участке, внедрения нововведений, которые не были санкционированы сверху;

- дистрибутивная функция (функция «социального амортизатора»), заключающаяся в формировании негосударственной финансовой базы для решения социальных задач, а также в смягчении нежелательных социальных противоречий (например, неформальная занятость облегчает материальное положение малоимущих).

Соотношение позитивных и негативных эффектов теневой экономики зависит от её масштабов.

Классификация видов теневой экономики. Типологизация разновидностей теневой экономики (табл. 1 и рис. 3) по трем критериям – их связь с «белой» («первой», официальной) экономикой, а также субъекты и объекты экономической деятельности – выделяет следующие секторы теневой экономики:

- «вторая» («беловоротничковая»);
- «серая» («неформальная»);
- «черная» («подпольная») теневая экономика.

Таблица 1

Критерии типологизации теневой экономики

Критерий типов теневой экономики	«Беловоротничковая» теневая экономика	«Серая» теневая экономика	«Черная» теневая экономика
Субъекты	Менеджеры официального («белого») сектора экономики	Неофициально занятые	Профессиональные преступники
Объекты	Перераспределение доходов без производства	Производство обычных товаров и услуг	Производство запрещенных и дефицитных товаров и услуг
Связи с «белой» экономикой	Неотрывна от «белой»	Относительно самостоятельна	Автономна

Поясним сущность и содержание разных типов теневой экономики.

«Беловоротничковая» («вторая») теневая экономика – это запрещенная законом скрываемая экономическая деятельность работников «белой» экономики на их рабочих местах, приводящая к скрытому перераспределению ранее созданного национального дохода. В основном подобной деятельностью занимаются «ресептабельные люди» из руководящего персонала («белые воротнички»), поэтому эту разновидность теневой экономики также называют «беловоротничковой».

В целом «беловоротничковая» преступность означает, что:

❖ субъектами данного вида преступной деятельности преимущественно являются «порядочные» представители общества и деловых кругов – должностные лица и иные служащие субъектов хозяйствования;

❖ преступная деятельность осуществляется в сфере экономики и управления и использует легальную экономическую, хозяйственную, финансовую деятельность как свою основу и прикрытие;

❖ это преступления, совершаемые без применения насилия, но с использованием экономических методов, правовых «дыр» в законодательстве, служебного положения;

❖ это высокая степень организованности, многоэтапность преступной деятельности, проникающей во все сферы экономики;

❖ преступления совершаются с использованием самых совершенных технологий, включая компьютерную технику.

«Серая» (неформальная) теневая экономика – разрешенная законом, но не регистрируемая экономическая деятельность (преимущественно мелкий бизнес) по производству и реализации обычных товаров и услуг. Это самый обширный сектор теневой экономики. В отличие от «второй» экономики, которая неразрывно связана с «белой» экономикой и паразитирует на ней, «серая» функционирует более автономно.

«Черная» теневая экономика (экономика организованной преступности) — запрещенная законом экономическая деятельность, связанная с производством и реализацией запрещенных товаров и услуг. Это все виды деятельности профессиональных преступников, полностью исключенные из нормальной экономической жизни, поскольку они считаются несовместимыми с ней, разрушающими ее. Это не только основанное на насилии перераспределение — кражи, грабежи, вымогательство, но и производство товаров и услуг, разрушающих общество, например наркобизнес и рэккет.

В экономической литературе условно выделяют три группы субъектов теневой экономики:

❖ первая группа – сугубо криминальные элементы, находящиеся на ее вершине, и их рабочая сила: торговцы наркотиками и оружием, рэкетиры, бандиты-грабители, наемные убийцы, сутенеры, проститутки, коррумпированные представители органов власти и управления;

❖ вторая группа – теневики-хозяйственники (предприниматели, коммерсанты, банкиры, мелкие и средние бизнесмены, в том числе «челноки»);

❖ третья группа – наемные работники физического и умственного труда, мелкие и средние государственные служащие, более половины доходов которых составляют взятки.

Предложенную типологию теневой экономики (рис. 7) не следует принимать за истину, так как разными формами теневой экономической деятельности *нет резкой грани*. Рассмотрим методологические подходы к исследованию теневой экономики.

При изучении теневой экономики исследователи, как правило, руководствуются следующими целями: – статистическая оценка, – оптимизация социально-экономической политики, – совершенствование правоохранительной деятельности, – обеспечение экономической безопасности и т.п.

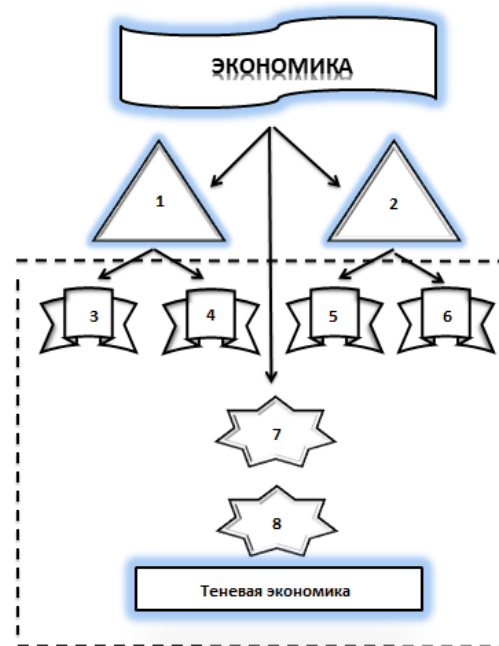


Рис. 7. Структура экономики в аспекте её теневой (ненаблюдаемой) составляющей. 1 – официальная (учитываемая) экономика; 2 – неофициальная экономика; 3 – учитываемая фиктивная; 4 – скрытая; 5 – неформальная; 6 – нелегальная; 7 – криминальная; 8 – преступная

Прежде всего, понимание теневой экономики различается в зависимости уровня познания – теоретического либо прикладного. Существуют следующие методологические подходы к изучению теневой экономики как экономической категории: экономический, институциональный, социологический, кибернетический, правовой. Понимание теневой экономики во многом определяется выбором основного критерия отнесения экономических отношений к этой сфере. В этой связи различаются:

- ♦ учетно-статистический;
- ♦ формально-правовой;
- ♦ междисциплинарный комплексный

подходы.

Наиболее развитым является учетно-статистический подход на основе методологии системы национальных счетов (СНС) ООН. Понятие теневой экономики определяется исходя из основной цели СНС – Методологические подходы к теневой экономике: Экономический, Социологический, Кибернетический, Правовой, Институциональный. Максимально точного учета всех видов экономической деятельности, обеспечивающих реальный вклад в производство валового внутреннего продукта (ВВП) пока нет.

В соответствии с методологией СНС все проявления теневой экономики разделяются на две группы:

а) продуктивные (производительные) виды деятельности, результаты которых учитываются в составе ВВП;

б) преступления против личности и имущества, не включаемые в состав ВВП и фиксируемые на специальном счете для уменьшения статистических погрешностей.

Преимуществом данного подхода является возможность количественной оценки скрытой части производительной экономической деятельности на основе общепринятой методологии СНС, использования результатов расчетов при формировании экономической политики и международных сопоставлений.

В рамках формально-правового подхода в качестве ключевого критерия выделения теневых экономических явлений выступает отношение к нормативной системе регулирования.

Конкретными критериями являются:

- ✓ уклонение от официальной или государственной регистрации;
- ✓ уклонение от государственного контроля;
- ✓ противоправный характер.

Так, Б. Даллаго для обозначения теневых экономических процессов использует понятие иррегулируемая экономика, под которой понимается деятельность экономических агентов, которая не подчиняется регулярным правилам и законам или каким-либо образом скрыта от государственных органов управления и контроля [5].

В рамках междисциплинарного комплексного подхода в качестве основы выделения теневой экономики используются различные сочетания рассмотренных ранее критериев. Например, для выделения явлений теневой экономики используется совокупность таких критериев, как отсутствие учета, нерегламентированность и противоправность.

Предложенные в литературе подходы к определению теневой экономики существенно различаются в зависимости от избираемого элементарного объекта теневой экономической деятельности. В числе наиболее конструктивных можно назвать такие как контракт, сделка, операция, производственные (экономические) отношения, институт, деловое предприятие, количественные параметры теневой экономической деятельности. Вызывает интерес какое место занимает криминальная экономика в системе современных экономических отношений. Важнейшей тенденцией развития теневой экономики в последнее время является ее криминализация, усиление ее общественной опасности. В связи с этим в системе экономических отношений целесообразно выделить самостоятельный сектор - сектор криминальной экономики.

Концепция криминальной экономики ориентирована, прежде всего, на исследование причин, механизмов экономических общественно

опасных явлений, а также предупреждение и пресечение общественно опасной активности.

Первое исследование криминальной экономики было проведено А.А. Крыловым. Он ввел в научный оборот само понятие "криминальная экономика" и дал следующее ее определение: "Криминальная экономика - это сложная система незаконных социально-экономических отношений и материально-вещественных процессов по поводу производства, распределения, обмена и потребления материальных благ и услуг". Криминальную экономику он определяет также как организованную корыстную ненасильственную преступность [6].

В работах статистической направленности используется термин "криминальная квазиэкономика", которая определяется как непродуктивный сектор экономической деятельности, связанный с незаконным перераспределением доходов и имущества граждан путем грабежа, разбоя, кражи, вымогательства [7]. Отметим, что в Луганске в своё время значительный вклад в исследование сущности и опасности для общества «организованной преступности» внёс наш земляк Эдуард Алексеевич Дидоренко, генерал-полковник милиции, профессор, ректор Луганского университета МВД [8].

А. Нестеров и А. Вакурин дают следующее определение криминальной экономики: "...криминальная экономика - это специфический экономический уклад, способ хозяйствования, который призван обеспечивать определенную, относительно небольшую по численности группу лиц сверхдоходами, доходами от преступной деятельности, доходами от использования "прорех" в законодательстве" [9].

Это понятие, по их мнению, охватывает деяния в экономической сфере, подпадающие под определенные статьи законодательства, то есть экономические правонарушения и преступления. Сюда же он относит организованную преступность, коррупцию и лоббирование выгодных преступному миру законопроектов.

Таким образом, имеет место понимание криминальной экономики исключительно с формально-правовых позиций. В соответствии с логикой такого понимания в состав криминальной экономики включается вся теневая экономика. Формально-правовой подход, по мнению автора, является недостаточным для адекватного понимания природы и криминальной и теневой экономики и нуждается в дополнении и расширении. Криминальную экономику, особенно в России и других странах с неразвитой рыночной системой, следует рассматривать с более широких криминологических позиций. С этой точки зрения криминальная экономика включает экономические отношения, экономическую деятельность, главным отличительным признаком которой является общественная вредность (опасность). Криминальная

экономика охватывает экономические общественно опасные деяния трех видов:

- криминализованные, влекущие уголовную ответственность в соответствии с действующим законодательством;
- декриминализованные, но влекущие юридическую ответственность в соответствии с нормами других отраслей права;
- не криминализованные и не влекущие юридической ответственности (пробелы правового регулирования).

В соответствии с логикой формально-правового подхода, теневая экономика является подсистемой экономики криминальной. К такому выводу вполне последовательно приходят его сторонники [10].

Этот подход единственно верен с позиции правоприменения, когда необходимо исходить из действующих правовых норм. Последовательно следуя этой логике, в качестве средства решения проблемы теневой экономики следует избрать применение административных и уголовно-правовых средств борьбы. Однако в российских условиях согласиться с такой позицией вряд ли возможно.

Выводы. Следовательно, криминальная экономика включает экономические отношения, экономическую деятельность, главным отличительным признаком которой является общественная вредность (опасность). Любое правонарушение общественно опасно! С позиций криминологического подхода, в составе теневой экономики следует выделить сектора криминальной теневой экономики и некриминальной теневой экономики. Однако четко и однозначно выделить сектор некриминальной экономической деятельности не представляется возможным. Причина этого - сложность самого объекта анализа - теневой экономики, тесная взаимосвязь ее позитивных и негативных функций в условиях несовершенной конкурентной среды, необоснованного налогообложения, а также формальных и неформальных ограничений на открытие и ведение бизнеса. В общем и целом для оценки уровня криминальности теневой экономики целесообразно учитывать: максимально полно как ее экономическую эффективность и полезность, так и деструктивное влияние на экономику, на интересы людей.

Следует ответить на вопрос: "Если правовые предписания будут полностью реализованы, а налоги и платежи - полностью уплачены, то при существующей экономической конъюнктуре какая часть экономической деятельности окажется минимально конкурентоспособной и рентабельной?". Именно в этой части следует искать криминальный теневой сектор. Вопрос может быть сформулирован и в более общей форме: "В какой степени и какая часть, сфера теневой экономики, связанные с нарушением правового запрета,

обеспечивают выживание общественного организма?". Именно в этой части и следует искать криминальный теневой сектор.

В условиях слабого государства, отсутствия нормальной институциональной среды в сфере экономики, применение незаконных методов становится одним из решающих факторов конкуренции и выживания. Вне правового поля оказывается большинство экономических субъектов. В такой ситуации формально-правовой подход не является конструктивным и должен быть дополнен более широким экономико-криминологическим.

Разделение теневой экономики на криминальный и некриминальный сектор не может быть умозрительным. Оно предполагает системный анализ конкретных сфер в конкретных условиях. Сферу криминальной экономики целесообразно ограничить видами деятельности, которым присущи такие признаки как осуществление на профессиональной основе и институционализированный характер.

Л и т е р а т у р а

1. Gutmann P. The Subterranean Economy // *Financial Analysts Journal*. 1977. № 34. P. 20.
2. Hart K. Informal Urban Income Opportunities and Urban Employment in Ghana // *Journal of Modern African Studies*. 1973. Vol. 11. № 1. P. 61-90.
3. Cassel D., Cichy U. Explaining the growing shadow economy in East and West: A comparative system approach. // *Comparative Economic Studies*. Vol. 28. P. 20-41.
4. Dallago B. The «Second Economy»: A Mechanism for the Functioning of Society in Eastern Europe // *Journal of the Washington Institute for Values in Public Policy*. Washington, D.C. Spring 1991 Vol. 1 № 1 P. 76-113.
5. Косалс Л. Теневая экономика как особенность российского капитализма. - *Вопросы экономики*. - 1998. - № 10. - С. 76-77.
6. Крылов А.А. Социально-экономические проблемы нейтрализации криминальной экономики: Лекция. - Москва: Академия МВД РФ, 1992.
7. Криминология: Учебник для вузов / Под ред. проф. В.Д. Малова. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: ЗАО «Юстицинформ», 2006. - 528 с.
8. Богачев В.И., Дидоренко Э.А. Экономико-правовые вопросы рыночных отношений: Учебное пособие. - Луганск: «Книжковий світ», 1998. - 178 с.
9. Нестеров А., Вакурин А. Криминализация экономики и проблемы безопасности. - *Вопросы экономики*. - 1995. - № 1. - С. 98.
10. Мишин Г.К. Проблема экономической преступности (опыт междисциплинарного изучения). - М., 1994. - С. 29.

R e f e r e n c e s

1. Gutmann P. The Subterranean Economy // *Financial Analysts Journal*. 1977. № 34. R. 20.
2. Hart K. Informal Urban Income Opportunities and Urban Employment in Ghana // *Journal of Modern African Studies*. 1973. Vol. 11. № 1. P. 61-90.
3. Cassel D., Cichy U. Explaining the growing shadow economy in East and West: A comparative system approach. // *Comparative Economic Studies*. Vol. 28. P. 20-41.

4. Dallago B. The «Second Economy»: A Mechanism for the Functioning of Society in Eastern Europe // Journal of the Washington Institute for Values in Public Policy. Washington, D.C. Spring 1991 Vol. 1 №. 1 P. 76-113.

5. Kosals L. Tenevaja jekonomika kak osobennost' rossijskogo kapitalizma. - Voprosy jekonomiki. - 1998. - № 10. - S. 76-77.

6. Krylov A.A. Social'no-jekonomicheskie problemy nejtralizacii kriminal'noj jekonomiki: Lekcija. - Moskva: Akademija MVD RF, 1992.

7. Kriminologija: Uchebnik dlja vuzov / Pod red. prof. V.D. Malova. - 2-e izd., pererab. i dop. - M.: ZAO «Justicinform», 2006. - 528 s.

8. Bogachev V.I., Didorenko Je.A. Jekonomiko-pravovye voprosy rynochnyh odnoszenij: Uchebnoe posobie. - Lugansk: «Knizhkovij svit», 1998. - 178 s.

9. Nesterov A., Vakurin A. Kriminalizacija jekonomiki i problemy bezopasnosti. - Voprosy jekonomiki. - 1995. - №1. - S.98.

10. Mishin G.K. Problema jekonomicheskoi prestupnosti (opyt mezhdisciplinarnogo izuchenija). - M., 1994. - S.29.

Oreshkin M.V., Makarova E.I.

FUNCTIONS OF THE SHADOW ECONOMY, STRUCTURE, CLASSIFICATION

Currently, the shadow economy is becoming increasingly widespread in the world. Hence the need to study the functions of the shadow economy, its structure and classify this phenomenon. All this is necessary for a more targeted fight against the negative consequences of this phenomenon and the possibility of leveling them.

Key words: *shadow economy, structure, functions, classification.*

Орешкин Михаил Вильевич, доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, профессор РАЕ, профессор кафедры государственного управления ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

E-mail: fid04@ya.ru

Oreshkin Mikhail Vilevich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the RAE, Professor of the Department of Public Administration SEE HT LPR "Lugansk Vladimir Dahl State University".

Макарова Елена Ивановна, кандидат экономических наук, доцент, заведующая кафедрой государственного управления ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

Makarova Elena Ivanovna, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Public Administration SEE HT LPR "Lugansk Vladimir Dahl State University".

Рецензент: Гутько Юрий Иванович д.т.н., профессор, первый проректор ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 19.09.2021 года

УДК 338

ФАКТОРЫ ТЕНЕВОЙ ЭКОНОМИКИ

Орешкин М.В.

FACTORS OF THE SHADOW ECONOMY

Oreshkin M.V.

Общеизвестно, что теневая экономика распространена практически во всех странах мира. Ощутим вред, наносимый ею легальной экономике. В то же время значительная часть населения участвует в тех или иных теневых схемах. Поэтому борьбы с этим в целом негативным явлением является весьма сложной задачей. И поэтому нуждается в пристальном изучении и постепенном вытеснении её на обочину цивилизационного развития.

Ключевые слова: теневая экономика, изучение, борьбы с явлением

Введение. Теневая экономика – отнюдь не порождение перестройки экономики в сторону рынка. Она издавна существовала во всех странах, в том числе и в российском государстве [1].

Во всех странах мира существует такое явление, как теневая экономика. Она не только замедляет рост экономики конкретной страны и уменьшает ее национальное богатство, но и ведет к ухудшению экономической ситуации во всем мире. При управлении экономикой страны необходимо учитывать объем ее теневой экономики для более точного определения динамики

макроэкономических процессов и оценки результатов экономической деятельности. Однако необходимая для исследования теневой экономики информация является конфиденциальной и не подлежит разглашению, что затрудняет получение точной оценки ее масштабов [2]. Однако теневая деятельность претерпела серьезные метаморфозы в последние годы. Прежде всего, заметно возросли ее масштабы. И хотя трудно получить сопоставимые и достоверные данные, большинство экспертов в этом отношении согласны [3, 4].

Цель работы. Международный опыт подсказывает ряд "классических" причин роста теневой экономики, а именно:

1. Возникновение структурного и экономического кризиса, осложняющего ситуацию на рынке труда, которая, и свою очередь, порождает всплески малого предпринимательства и самостоятельной занятости населения и становится питательной средой для буйного роста теневых отношений (рис. 1).

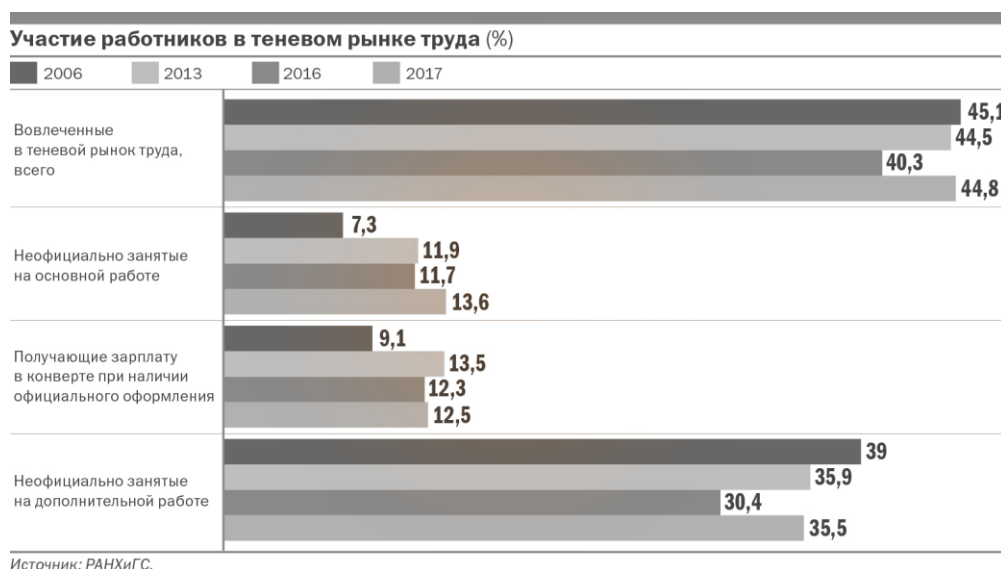


Рис. 1. Участие самодельного населения в теневом бизнесе

2. Массовая иммиграция из стран "третьего мира", дополняемая внутренней миграцией из сел в крупные города и вынужденной внутренней

миграцией из депрессивных регионов и "горячих точек". Именно поселения мигрантов часто становятся основой теневой экономики (рис. 2).

Основные современные миграционные потоки направлены из стран:

- Северной Африки, Восточной Европы в Западную Европу,
- Латинской Америки и Юго-Восточной Азии — в США,
- Центральной Азии — в Россию.



Рис. 2. Миграционные процессы в мире

3. Характер государственного вмешательства в экономику. Предполагается, что сравнительная доля неофициальной экономики находится в прямой зависимости от трех параметров: 1) степени регулятивного вмешательства; 2) уровня налогообложения и масштабов коррупции.

4. Открытие внешних рынков и обострение конкурентной борьбы, прежде всего с производителями стран "третьего мира", побуждающее снижать издержки всеми легальными и нелегальными способами.

5. Эволюция трудовых отношений в сторону их большей неформальности, разрушения их регламентации, что было характерно ранее в развитых западных странах.

Все перечисленные причины, хотя и в разной степени, характерны для России последних десятилетий. Так, наблюдаемая в течение 90-х годов длительная экономическая депрессия с периодическими обострениями в виде кризисов, безусловно, повлияла на усиление теневой экономики.

Результаты исследований. Современная теневая экономика возникла не только в результате попыток ограничить свободу рынка, но и в силу природы самих рыночных отношений. Рыночное хозяйство построено на фетишизации прибыли, обожествлении дохода. «Протестантская этика» и прочие виды социального самоограничения могут приглушить эту жажду наживы, но не устранить. Поэтому когда возникает возможность «сорвать куш», отдельные лица (или группы людей) часто

отбрасывают в сторону долгосрочные общественные интересы ради сиюминутной своекорыстной выгоды. Такое поведение тем более вероятно, чем менее развиты в обществе этические нормы, осуждающие конфронтацию с законом. Жажда наживы любой ценой особенно характерна для «второй» и «черной» теневой экономики.

Существуют следующие группы факторов теневой экономики (рис. 3).

Причины и условия играют различную роль в процессе порождения теневой деятельности в сфере экономики. Если причины собственно порождают ее, то условия сами по себе не порождают данное явление, но влияют на процессы порождения, участвуют в ее детерминации. Теневая экономика существует в любом обществе, где есть государство и экономика. Причины противоправного поведения в сфере экономики могут быть рассмотрены на двух уровнях:

1) фундаментальные причины, связанные с сущностными характеристиками хозяйственной системы определенного типа: рыночной, смешанной, командно-административной, переходной;

2) конкретные причины, связанные в основном с проводимой социально-экономической политикой.



Рис. 3. Группы факторов теневой экономики

¹Группа этих факторов связана с противоречивой природой самого человека и отталкиваются от исследований современной психологии и антропологии, которые научно подтвердили двойственную природу человека в аспекте добра и зла, нравственности и безнравственности. Человек стремится получить больше, затратив при этом меньше усилий. Подобный рационализм при отсутствии или слабости ограничителей побуждает человека к теневой деятельности.

Рынок, являясь одним из важнейших механизмов координации экономической деятельности, призван обеспечивать эффективное распределение ограниченных экономических ресурсов. Однако он имеет неустранимые изъяны, несовершенства или провалы.

Провалами рынка называются внутренне присущие проявления его функционирования, которые побуждают субъектов рынка принимать неоптимальные или нежелательные для общества экономические решения.

Перед потенциальными преступниками провалы рынка предстают как ситуации, которые могут быть использованы либо созданы с минимальными издержками и риском для получения незаконного дохода и избежание юридической ответственности. Т.е. к провалам рынка в первую очередь относятся: неполнота информации, неспособность производить необходимые общественные блага, неспособность нивелировать внешние воздействия, тенденции к монопольному контролю.

Провалы государства также могут быть использованы в теневой деятельности для получения незаконной выгоды (перечень провалов – ограниченность доступа к информации, несовершенство политического процесса, самовоспроизводство теневой экономики).

Таким образом, любая скрываемая от контроля государства информация потенциально создает криминогенную ситуацию путем превращения ее в предмет незаконных соглашений. Причем результаты незаконного соглашения по поводу

информации могут принимать различную форму: либо рыночного типа (получение выгоды, выраженной в денежной форме), либо нерыночного типа, когда платой за неразглашение информации является принуждение к совершению каких-либо действий либо к соблюдению неформальных норм какой-либо группы или сообщества.

Рынок и государство обладают принципиально неустранимыми изъянами (провалами), которые создают возможность для совершения общественно опасных деяний в сфере экономики. Отмеченные неустранимые несовершенства рынка и государства усиливаются как в условиях чрезмерного усиления роли государства, так и при необоснованном устранении государства от осуществления присущих ему функций. Определённой иллюстрацией служит развитие теневой экономики в России (рис. 4).

Размер теневой экономики в России

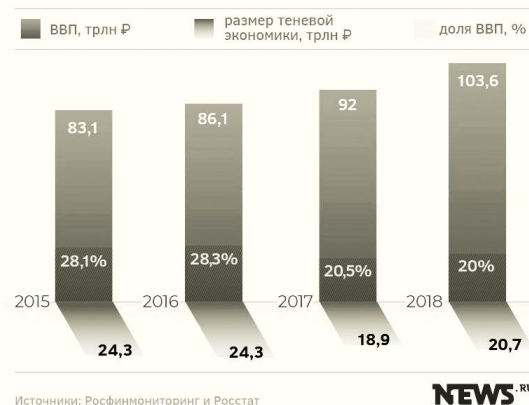


Рис. 4. Развитие теневой экономики в России

Наряду с фундаментальными причинами и условиями, связанными с глубинными чертами хозяйственной системы, комплекс причин теневой экономической деятельности связан с более конкретными обстоятельствами экономического положения отдельных стран, отраслей, рынков, предприятий.

Исследование явления «теневая экономика» подразумевает не только раскрытие ее сущности, причин и условий ее функционирования, но и определение ее функций.

Как уже говорилось, теневой экономике присущ дуализм, что выражается в ее двойственной роли: позитивной – сглаживание отрицательных условий по развитию бизнеса; негативной – антисоциальное перераспределение доходов общества и уменьшение его благосостояния, снижение эффективности системы управления экономикой.

В этой связи теневой экономике присущи три группы взаимосвязанных функций, представленных на рис. 5.

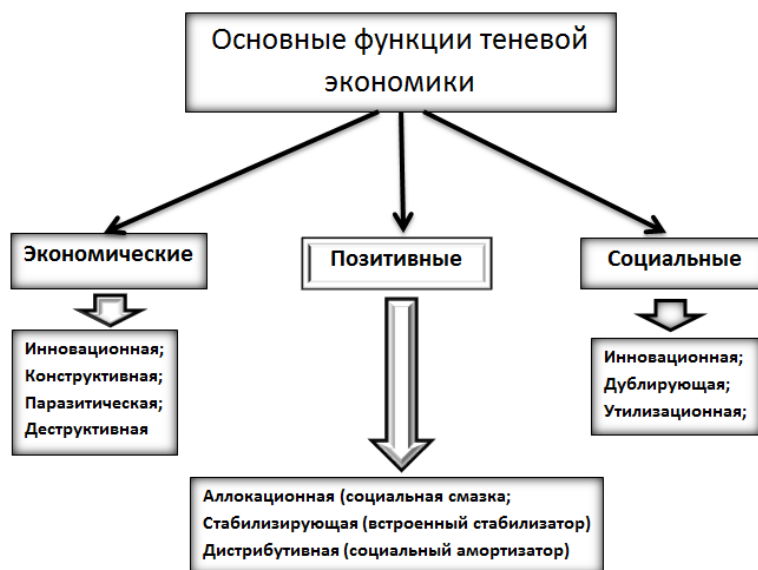


Рис. 5. Функции теневой экономики

Позитивные функции теневой экономики в рыночном хозяйстве выделил швейцарский экономист Дитер Кассел [5].

Пояснения позитивных функций теневой экономики

Аллокационная функция («экономическая смазка»), состоящая в сглаживании перепадов в экономической конъюнктуре при помощи перераспределения ресурсов между легальной и теневой экономикой (когда легальная экономика переживает кризис, производственные ресурсы не пропадают, а переливаются в «тень», возвращаясь в легальную после завершения кризиса).

Теневая экономика подпитывает своими ресурсами легальную, выполняя тем самым стабилизирующую функцию, выступая в роли

«встроенного стабилизатора». Большая часть теневых операций осуществляется для решения критических проблем предприятия, предотвращения остановок производства, удержания людей на том или ином участке, внедрения нововведений, которые не были санкционированы сверху.

Дистрибутивная функция (функция «социального амортизатора»), заключающаяся в формировании негосударственной финансовой базы для решения социальных задач, а также в смягчении нежелательных социальных противоречий (например, неформальная занятость облегчает материальное положение малоимущих).

В любом случае прогнозы по теневой экономике показывают её увеличение (рис. 6).

ДОЛЯ ТЕНЕВОЙ ЭКОНОМИКИ К 2025 ГОДУ (%)

Источник: Международная компания АССА

(Ассоциация дипломированных сертифицированных бухгалтеров)



Рис. 6. Прогноз по росту теневой экономики в мире

Зависимость развития теневой экономики от её масштабов

Соотношение позитивных и негативных эффектов теневой экономики зависит и от ее масштабов, что представлено на рис. 7.

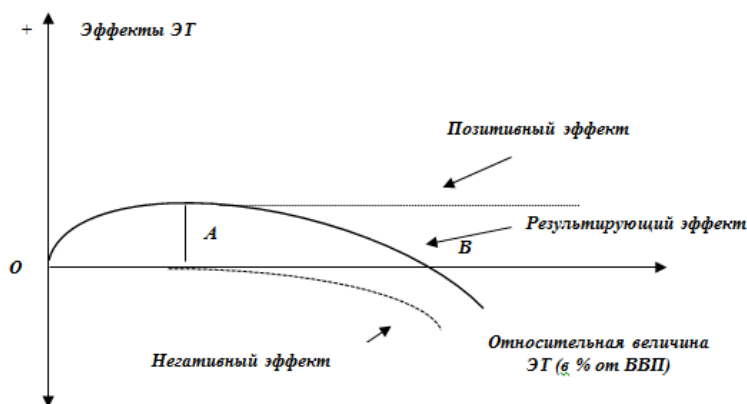


Рис. 7. Зависимость эффектов теневой экономики от ее масштабов

Выводы. В целом влияние теневой экономики на общество является скорее негативным, чем позитивным. Наибольший вред наносят «вторая» и «черная» экономики. С одной стороны, происходит антисоциальное перераспределение доходов общества в пользу относительно малочисленных привилегированных групп, уменьшающее благосостояние общества в целом. С другой стороны, разрушается система централизованного управления экономикой: приписки создают у правительства ложное ощущение благополучия, хотя необходимы экстренные реформы; «теневая» занятость приводит к тому, что чрезмерные усилия правительства по созданию новых рабочих мест не снижают мнимую безработицу, но увеличивают бюджетный дефицит, и т.д. Наконец, развитие любых форм теневой экономики ведет к подрыву хозяйственной этики.

Если эти тенденции заходят слишком далеко, люди начинают терять всякое представление об общепринятых «правилах игры», живут по принципу «все дозволено», в результате чего общество проваливается в пучину хаоса и нестабильности, что неизбежно ведет к необходимости государственного вмешательства.

Литература

1. Балашов А.И., Имамов Т.Д. Теневая экономика: понятие и методы оценки Вестник Московского университета МВД России - 2013. -и № 4. - С.159-165.
2. Афанасьева А.О. Особенности теневой экономики в различных по уровню развития экономики группах стран // Научные записки молодых исследователей. - 2019. - № 3. - С. 74-82.
3. Шумяцкий Р.И., Терре Д.В. Некоторые аспекты оценки теневого бизнеса в России // Вестник НГУЭУ. - 2014. - № 2. - С. 256-268.
4. Семина Г.Р. Теневая экономика и фискальный механизм её легализации: дис. ... канд. эконом. Наук, БАГСУ. - Уфа: 2003. - 138 с.
5. Cassel D., Cichy U. Explaining the growing shadow economy in East and West: A comparative system approach. // Comparative Economic Studies. Vol.28. P. 20-41.

References

1. Balashov A.I., Imamov T.D. Tenevaya jekonomika: ponjatie i metody ocenki Vestnik Moskovskogo universiteta MVD Rossii - 2013. -i № 4. - S.159-165.
2. Afanas'eva A.O. Osobennosti tenevoj jekonomiki v razlichnyh po urovnju razvitija jekonomiki gruppah stran // Nauchnye zapiski molodyh issledovatelej. - 2019. - № 3. - S. 74-82.
3. Shumjackij R.I., Terre D.V. nekotorye aspekty ocenki tenevogo biznesa v Rossii // Vestnik NGUJeU. - 2014. - №2. - S.256-268.
4. Semina G.R. Tenevaya jekonomika i fiskal'nyj mehanizm ejo legalizacii: dis...kand. jekonom. Nauk, BAGSU. - Ufa: 2003. -138 s.
5. Cassel D., Cichy U. Explaining the growing shadow economy in East and West: A comporative system approach. // Comparative Economic Studies. Vol.28. P. 20-41.

Oreshkin M.V.

FACTORS OF THE SHADOW ECONOMY

It is well known that the shadow economy is widespread in almost all countries of the world. We will feel the damage it does to the legal economy. At the same time, a significant part of the population participates in various shadow schemes. Therefore, combating this generally negative phenomenon is a very difficult task. And therefore it needs close study and gradual displacement of it to the sidelines of civilizational development.

Key words: shadow economy, study, combating the phenomenon.

Орешкин Михаил Вильевич доктор

сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, профессор РАЕ, профессор кафедры государственного управления ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

E-mail: fid04@ya.ru

Oreshkin Mikhail Vilevich Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the RAE, Professor of the Department of Public Administration SEE HT LPR "Lugansk Vladimir Dahl State University".

Рецензент: Гутько Юрий Иванович, д.т.н., профессор, первый проректор ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 19.09.2021 года

УДК 336.7

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ПРИРОДА ИПОТЕЧНОГО КАПИТАЛА И ИПОТЕЧНОГО КРЕДИТА

Перловская Н.В.

ECONOMIC NATURE OF MORTGAGE CAPITAL AND MORTGAGE LOAN

Perlovskaya N.V.

В статье рассмотрены сущность и специфические черты ипотечного капитала, причины обособления ипотечного капитала в отдельный вид заемного капитала, функциональные формы ипотечного капитала. Определены принципы ипотечного кредитования, преимущества ипотечного кредита для кредитора и заемщика, исследованы современные тенденции развития ипотечного рынка Российской Федерации.

Ключевые слова: заемный капитал, ипотека, ипотечный капитал, ипотечный кредит, ипотечный рынок, недвижимое имущество, принципы кредитования

Введение. Проблема развития ипотечного кредитования имеет большую актуальность, поскольку ипотечный рынок в современной экономике выступает и как новый механизм оптимизации перераспределения финансовых ресурсов, и как важный инструмент трансформационных процессов. Благодаря своей способности стимулировать инвестиции ипотечный капитал выступает мощным катализатором экономического роста, что позволяет рассматривать его в качестве весомых составляющих экономического развития.

Согласно данным аналитического агентства Эксперт.РА, в 2020 году в Российской Федерации, несмотря на пандемию и ограничительные меры, ипотечный рынок расширился рекордными темпами: кредитные организации выдали 1,7 млн ипотечных ссуд на общую сумму 4,3 трлн рублей, что превысило показатели 2019 года на 35 % в количественном и на 51 % в денежном выражении [2]. В 2021 году спрос на данный продукт сохранился на высоком уровне, однако его доля в выдачах постепенно уменьшается на фоне роста ключевой ставки [2].

Причинами стали не только появление льготной госпрограммы под 6,5%, которая была введена как антикризисная мера для поддержки застройщиков и населения, но и снижение ставок в рамках рыночных программ на фоне смягчения денежно-кредитной политики Банком России. По данным исследования, активный прирост выдачи ипотечных кредитов коммерческими банками РФ в 2020 году составил более 65% [2]. Результатом расширения ипотечного кредитования стал рост цен

на рынке недвижимости: так, средняя цена 1 кв. м жилья на первичном рынке в IV квартале 2020 года выросла на 23 %, на вторичном – на 14 %, по сравнению с показателями предыдущего года [2].

Учитывая большую роль трансформации экономики и, в частности, рынка недвижимости, следует особое внимание уделить изучению теоретических вопросов экономической природы ипотечного капитала.

Целью работы является исследование сущности ипотечного капитала, его особенности как товара на ипотечном рынке, исследование отличительных характеристик ипотечного кредита в системе банковского кредитования.

Изложение основных материалов. Ипотека (от др.греч. – подпорка, подставка) – вариант залога недвижимости, при котором объект недвижимости остаётся во владении и пользовании должника, а кредитор, в случае невыполнения должником своего обязательства, приобретает право получить удовлетворение за счёт реализации данного имущества [4]. Как любой иной залог, ипотека является способом обеспечения исполнения обязательств. С юридической точки зрения, ипотека может быть установлена в обеспечение обязательства по кредитному договору, по договору займа или иного обязательства, в том числе обязательства, основанного на купле-продаже, аренде, подряде, другом договоре, причинении вреда [1]. Ипотека обеспечивает уплату залогодержателю основной суммы долга по кредитному договору или иному обеспечиваемому ипотекой обязательству полностью либо в части, предусмотренной договором об ипотеке. Ипотека, установленная в обеспечение исполнения кредитного договора или договора займа с условием выплаты процентов, обеспечивает также уплату кредитору (заимодавцу) причитающихся ему процентов за пользование кредитом (заемными средствами) [1].

С экономической точки зрения ипотека представляет собой единство залога недвижимого имущества и заемного капитала и выступает как

залог с целью обеспечения долгового обязательства [3]. В этом смысле заемный капитал (денежный капитал, который предоставляется в заем и приносит его владельцу доход в форме процента) и залог недвижимости (земельных участков и объектов, размещенных и неразрывно связанных земельным участком, перемещение которых невозможно без обесценивания и утраты ими потребительских свойств) в своем единстве создают новое интегрированное образование – ипотечный капитал, который является специфическим товаром ипотечного рынка.

Ипотечный капитал как заемный капитал, предоставленный под залог недвижимости, характеризуется теми же чертами, что и объекты залога, – ростом стоимости во времени, продолжительностью использования, стационарностью в пространстве.

Как специфический товар ипотечного рынка ипотечный капитал имеет следующие особенности: 1) ипотечный капитал имеет потребительную стоимость – способность к самовозрастанию, к генерированию дохода в процессе движения, предоставления в заем; 2) ипотечный капитал имеет специфическую форму потребления – посредством временного отчуждения при сохранении его потребительных свойств; 3) ипотечный капитал в договорах займа отражается как стоимость, которая является предметом договора [4].

Обособление ипотечного капитала в самостоятельный вид заемного капитала отражает усложнение кредитных отношений, вследствие неэластичности предложения заемного капитала для финансирования недвижимости. Эти ограничения имеют объективный характер, обусловленный высоким уровнем риска предоставления кредита на длительный срок по фиксированной процентной ставке в условиях экономической неопределенности и ограниченности источников мобилизации долгосрочного капитала. Ипотечный капитал выступает как инструмент разрешения противоречий между инвестиционным капиталом (заемным капиталом) и его действительной формой (недвижимостью) в условиях недостаточного предложения заемного капитала на рынках недвижимости [4].

Ипотечный капитал выступает средством согласования интересов заемщика (в получении в долгосрочный заем значительного объема капитала при условии использования заложенного имущества по целевому назначению) и кредитора (в снижении риска непогашения предоставленной в заем стоимости). Функциональными формами ипотечного капитала выступают ипотечный кредит и ипотечный финансовый капитал, представленный ипотечными ценными бумагами.

Предоставление ипотечного кредита осуществляется на основе принципов, присущих всем формам кредита, а также с учетом принципов,

отражающих специфическую природу ипотечного кредита. К общим принципам относятся: возвратность (означает временное пользование заемным капиталом), платность (предусматривает взимание процента за пользование капиталом), срочность (требует возврата капитала в сроки, предусмотренные кредитным договором). Специальные принципы включают: принцип обеспечения займа залогом недвижимости; принцип официальной регистрации заложенного недвижимого имущества; принцип сохранения за должником права владения и использования имущества; принцип гласности – реализуется как возможность ознакомления всех заинтересованных лиц с данными официальной регистрации залога; принцип целевого использования ипотечного кредита; принцип определения величины займа как доли от стоимости заложенного недвижимого имущества; принцип страхования рисков ипотечного кредитования [5].

Особенности ипотечного кредита (масштабность, срочность, фиксированность процентной ставки в условиях стабильности финансового рынка, целевой характер) выделяют его от других форм кредита и определяют преимущества его использования как для заемщика, так и для кредитора.

Результаты исследований. Ипотечный рынок как совокупность институтов, которые обеспечивают аккумуляцию денежного капитала, трансформацию его в ипотечный капитал и осуществляют распределение его между субъектами общественного воспроизводства, выступает особым механизмом взаимосвязи на добровольной договорной основе и принципах экономической целесообразности собственников временно свободных денежных средств и реальных инвесторов при посредничестве финансово-кредитных учреждений. Объективной основой существования ипотечного рынка необходимо считать наличие субъектов с временно свободным денежным капиталом и субъектов, которые нуждаются в ипотечном капитале для финансирования недвижимости.

Анализ ипотечного рынка Российской Федерации позволил выявить тенденции увеличения спроса на кредиты со сроком погашения более 20 лет (рис.1). Наибольший удельный вес в структуре ипотечных кредитов занимают кредиты на срок от 10 до 20 лет, в течение 2020-2021 года вырос спрос на долгосрочные ресурсы со сроком погашения от 20 до 25 лет [2]. Более длинные сроки кредитования позволяют ограничить увеличение долговой нагрузки и сформировать комфортный график погашения на фоне роста среднего размера ссуды.

В течение 2020 года доля кредитов с первоначальным взносом более 20% выросла с 59 до 63 %. Структура ипотечных кредитов по параметру первоначального взноса приведен на рис. 2.

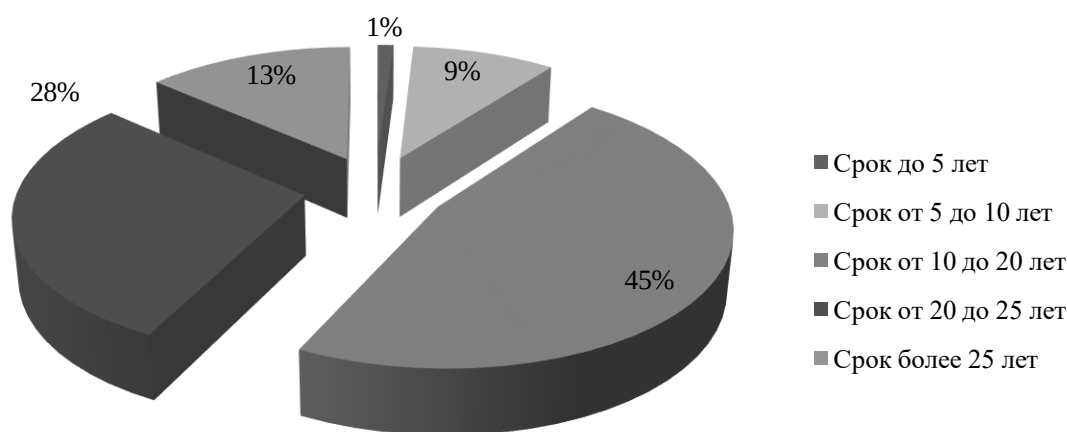


Рис. 1. Структура ипотечных кредитов по срокам кредитования в РФ в 2020 году [2]

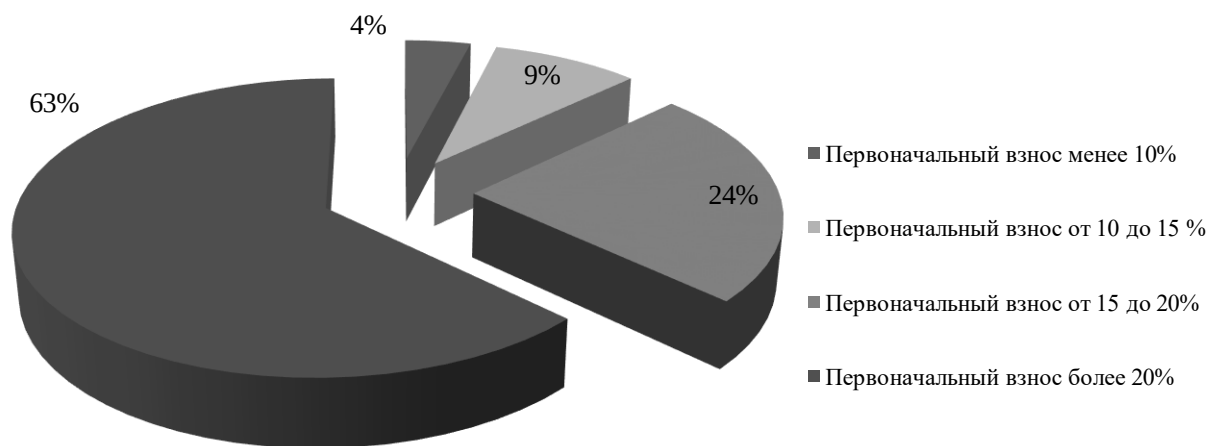


Рис. 2. Структура ипотечных кредитов по первоначальному взносу в РФ в 2020 году [2]

Несмотря на рост цен на жилье и сокращение минимального первоначального взноса по ряду госпрограмм, доля выдач с низким первоначальным взносом в течение исследуемого периода сократилась. При этом 8% ссуд в 2020 году были предоставлены с частичным использованием в качестве первоначального взноса средств материнского капитала [2]. Объем просроченной задолженности по ипотечным кредитам вырос незначительно, что обусловлено масштабными программами реструктуризации кредитов.

Выводы. Проведенное исследование показало эффективность ипотечных кредитов как инструмента долгосрочного инвестирования под залог недвижимости. К преимуществам ипотечного кредита для заемщика следует отнести также увеличение финансовых возможностей путем трансформации недвижимости в инвестиционный капитал; стабильность номинальных выплат в течение всего периода займа; снижение размера

ежемесячного (ежегодного) платежа при досрочном погашении ипотечного кредита. Предоставление ипотечного кредита для кредитора имеет как свои преимущества, связанные с минимизацией кредитного риска, так и недостатки, обусловленные ростом рисков процентной ставки и ликвидности, которые несколько снижаются развитием рынка страховых и аналитических услуг, стандартизацией условий предоставления ипотечных займов. Растущий спрос на ипотечное кредитование стимулирует дальнейшие исследования в области расширения методологического базиса и аналитического инструментария оценки рисков.

Л и т е р а т у р а

1. Федеральный Закон Российской Федерации «Об ипотеке (залоге недвижимости)» от 16.07.1998 г. № 102-ФЗ // [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/12649/page/1>.
2. Итоги 2020-го и прогноз на 2021 год на рынке

ипотеки / Эксперт.РА. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.raexpert.ru/>.

3. Казаченок О.П. Особенности правовых оснований возникновения ипотеки в силу договора и в силу закона // Вестник ВолГУ. – Серия 5. – 2016. – №30. – С. 113-118.

4. Текутова Д. С. Ипотека как способ обеспечения обязательств // Вестник Науки и образования. – 2019. – №3. – Часть 2. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/ipoteka-kak-sposob-obespecheniya-obyazatelstv-2/viewer>.

5. Чередникова А.О. Особенности ипотеки как формы кредитования: сущность, содержание и основные черты ипотечного кредитования // Российское предпринимательство – 2020. – №4 (1) – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/suschnost-soderzhanie-i-osnovnye-cherty-ipotechnogo-kreditovaniya/viewer>.

References

1. Federal Law of the Russian Federation "On Mortgage (Pledge of Real Estate)" dated 16.07.1998 No. 102-FZ/[Electronic Resource] – Access Mode: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/12649/page/1>.

2. The results of 2020 and the forecast for 2021 in the mortgage market/ Expert. RA. – [Electronic Resource] – Access Mode: <https://www.raexpert.ru/>.

3. Cossack O.P. Features of the legal grounds for the emergence of mortgages by virtue of the contract and by virtue of the law//Vestnik Volga. – Series 5. – 2016 –No. 30 – P. 113-118.

4. Tekutova D. S. Ipoteka as a way to secure obligations//Bulletin of Science and Education. – 2019. – №3. Part 2. – [Electronic Resource] – Access Mode: <https://cyberleninka.ru/article/n/ipoteka-kak-sposob-obespecheniya-obyazatelstv-2/viewer>.

5. Cherednikova A.O. Features of mortgages as a form of lending: essence, content and main features of mortgage lending//Russian Entrepreneurship – 2020. – No. 4

(1) – [Electronic resource] – Access mode: <https://cyberleninka.ru/article/n/suschnost-soderzhanie-i-osnovnye-cherty-ipotechnogo-kreditovaniya/viewer>.

Perlovskaya N.V.

ECONOMIC NATURE OF MORTGAGE CAPITAL AND MORTGAGE LOAN

The article considers the essence and specific features of mortgage capital, the reasons for the separation of mortgage capital into a separate type of borrowed capital, functional forms of mortgage capital. The principles of mortgage lending are systematized, the advantages and disadvantages of using mortgage loans for lenders and borrowers are grouped.

The essence and trends of mortgage lending market development in modern economic conditions have been investigated.

Key words: loan capital, mortgage, mortgage capital, mortgage loan, mortgage market, real estate, principles of crediting.

Перловская Наталья Викторовна, доцент кафедры «Финансы и кредит» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

E-mail: perlovskanata@mail.ru

Perlovskaya Nataliya Victorovna, associate professor of department "Finances and credit", SEE HT LPR "Lugansk Vladimir Dahl State University".

Рецензент: Салита Светлана Викторовна, доктор экономических наук, профессор, заведующая кафедрой «Финансы и кредит» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

Статья подана 15.09.2021

УДК 621.9.048

К ВОПРОСУ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ВИБРООБРАБОТКИ МЕЛКОГАБАРИТНЫХ ПЛОСКОСТНЫХ ДЕТАЛЕЙ

Рубаненко В.Ю., Мицык В.Я.

ON THE ISSUE OF MATHEMATICAL SIMULATION OF THE VIBRATION TREATMENT PROCESS OF SMALL-SIZED PLANAR PARTS

Rubanenko V. Yu., Mitsyk V. Ya.

Даны граничные условия на внутренней поверхности стенки резервуара вибростанка. Рассмотрено радиальное распределение скорости движения гранул в резервуаре с дефлектором и динамика абразивных гранул, вызванная колебаниями стенки резервуара. Выявлено влияние дефлектора на характер движения псевдогаза из абразивных гранул. Приведена оценка воздействия колебательного движения дефлектора на гранулы абразива.

Ключевые слова: виброобработка, мелкогабаритные плоскостные детали, резервуар, стенка резервуара, гранула абразива, дефлектор.

Введение. При виброобработке класса мелкогабаритных плоскостных деталей в U-образных резервуарах возникают трудности, которые связаны с образованием сводов деталей и слипанием их в пакеты. Это приводит к тому, что отдельные элементы поверхности деталей перекрывают друг друга и становятся недоступны для гранул рабочей среды, вызывая появление исправимого и неисправимого брака.

Для воспрепятствования процессу слипания применяются различные механические приспособления, которые разрушают пакеты слипшихся деталей [1, 2].

В статье предложен механизм, представляющий собой «крестообразную» конструкцию дефлектора, вращающегося внутри U-образного резервуара. Дефлектор крепится на валу, соосном с осью резервуара, и свободно вращается на нём. Вал совершает круговое движение с той же амплитудой и частотой, что и стенки резервуара. Вращение дефлектора происходит под действием циркуляционного движения абразивных гранул.

Анализ взаимодействия гранул, дефлектора, обрабатываемых деталей и резервуара возможно производить на основе математического моделирования процессов, сопровождающих виброобработку данного типа.

Постановка задачи. Экспериментальные исследования кинематики гранул абразива при

виброобработке показывают, что движение гранул происходит по траекториям, близким к окружности. Это позволяет упростить моделирование, приняв, что виброобработка происходит внутри цилиндра, стенки которого совершают вращательное движение с частотой и амплитудой A (см. рис. 1).

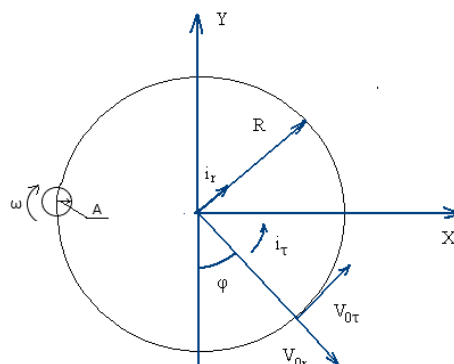


Рис. 1. Радиальная V_{0r} и тангенциальная $V_{0τ}$ составляющие скорости элементарного объема псевдогаза из гранул абразива на внутренней стенке резервуара псевдостанка

Исследование основано на гипотезе, состоящей в том, что поведение гранул, находящихся под действием колебаний, аналогично поведению газа или жидкости. Такая модель активно используется при описании псевдооживленного слоя [3]. В отличие от случая псевдооживленного слоя, когда газоподобная среда формируется в результате прокачки жидкости сквозь слой сыпучего материала. Псевдогаз из абразивных гранул возникает под воздействием колебаний стенок резервуара. Колебательное движение воздействует на гранулы абразива так, что гранулы приобретают значительную кинетическую энергию и начинают совершать движения, аналогичные движению атомов или молекул газа. Таким образом, возникает необходимость провести анализ движения гранул внутри колеблющегося резервуара с дефлектором.

Граничные условия на внутренней поверхности стенки резервуара. Рассмотрим движение гранул как динамику газа внутри кругового цилиндра радиусом R , который совершает колебательно-вращательное движение с постоянной угловой скоростью ω и амплитудой A . Движение стенок цилиндра показано на рис. 1 в виде малой окружности в левой части рисунка. Компоненты скорости элементарного объема газа представлены в виде тангенциальной и радиальной составляющей в силу того, что течение удобно рассматривать в цилиндрических координатах 0τ и $0r$. Ось $0z$ расположена перпендикулярно плоскости (рис. 1) и направлена вверх, i_r и i_ϕ – единичные векторы, направленные вдоль радиуса и тангенциально ему (рис. 1).

Исходя из гипотезы прилипания [4], будем считать, что элементарный объем газа, находящийся на внутренней стенке резервуара, имеет скорость, равную скорости этой стенки. Тогда скорости газа на границе цилиндра могут быть выражены следующим образом: $V_{0\tau} = -A\omega \sin(\omega t - \phi)$; $V_{0r} = -A\omega \cos(\omega t - \phi)$. Однако из эксперимента известно, что гранулы, которые находятся у стенки резервуара, во время его колебаний не повторяют движение стенки. На определенной стадии колебаний наблюдается отход среды от стенки резервуара с последующим объединением их движений [1]. Такой процесс носит циклический характер. Рассмотрим это явление с точки зрения приближения граничных условий циркуляции рабочей среды, как псевдогаза, к реальным.

Введём выражение для компонентов скорости пристеночной гранулы на трех этапах. Первый и третий этапы соответствуют движению гранулы абразива совместно со стенкой резервуара. Они соответствуют временным интервалам $0 \leq t \leq t_0$ и

$t^* \leq t \leq \frac{2\pi}{\omega}$. Составляющие скорости на этих этапах

определены как: $V_r = -A\omega \cos(\omega t - \phi)$;

$V_{0\tau} = -A\omega \sin(\omega t - \phi)$.

Второй интервал соответствует времени свободного полета гранулы $t_0 \leq t \leq t^*$ между моментом отрыва ее от стенки и последующим соударением с ней. На этом этапе компоненты скоростей определяются следующими соотношениями: $V_r = -A\omega \cos \alpha_0$; $V_\tau = -A\omega \sin \alpha_0$. Все приведенные соотношения справедливы для центра гранулы.

Следует отметить, что компоненты скоростей на границе резервуара являются периодическими функциями, зависящими как от времени, так и от угла ϕ . Таким образом, компоненты скоростей могут быть разложены в ряд Фурье.

В работе [5] показано, что в результате разложения в ряд, помимо набора гармонических

функций, в выражении для тангенциальной компоненты скорости V_b появляется постоянная величина,

$$V_b = -\frac{A\omega}{2\pi} \left[\cos \alpha^* - \cos \alpha_0 - \sin \alpha_0 (\alpha_0 - \alpha^*) \right]. \quad \text{Такая}$$

же постоянная составляющая есть и при рассмотрении движения псевдогаза из абразивных гранул вблизи радиальной стенки резервуара. Эта скорость, как и в случае прямолинейной стенки, направлена в сторону, противоположную скорости циклического колебания стенки резервуара.

Радиальное распределение скорости гранул в резервуаре с дефлектором. Распределение скоростей во внутреннем объеме резервуара можно найти с помощью уравнений Навье - Стокса. В приближении несжимаемой жидкости оно может быть записано в следующем виде [6]:

$$\frac{\partial \bar{V}}{\partial t} = -\frac{1}{\rho} \text{grad} P + \nu \Delta \bar{V}. \quad (1)$$

Здесь ν – кинематическая вязкость псевдогаза из абразивных гранул.

На рис. 2 показан разрез резервуара с дефлектором, который представляет собой жёсткую конструкцию. Скорость движения «лопастей» дефлектора V_d совпадает со скоростью движения псевдогаза и прямо пропорциональна расстоянию от оси вращения r . Таким образом, псевдогаз, находящийся между «лопастями» дефлектора, движется аналогично, то есть зависимость от угла ϕ отсутствует. Отсюда следует, что в случае симметрии и отсутствия зависимости от угла ϕ (см. рис. 1) выражения для определения скорости и давления в псевдогазе можно переписать в следующем виде [7]:

$$\frac{d^2 V_d}{dr^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{dV_d}{dr} - \frac{V_d}{r^2} = 0; \quad (2)$$

$$\frac{dP}{dr} = \rho \cdot \frac{V_d^2}{r}. \quad (3)$$

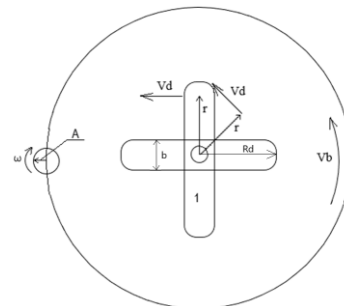


Рис. 2. Разрез резервуара с дефлектором - 1. V_b – тангенциальная скорость псевдогаза из гранул абразива на стенке резервуара, A – амплитуда вращательного движения стенки, ω – угловая скорость вращательного движения стенки, V_d – скорость движения дефлектора
Решением первого уравнения является следующая функция:

$$Vd = C1 \cdot r + C2 \cdot r^{-1}. \quad (4)$$

Здесь $C1$ и $C2$ – некоторые константы. Учитывая ограничения, которые накладывает на движение псевдогаза дефлектор, найдём окончательное выражение для скорости циркуляционного движения в резервуаре с дефлектором:

$$Vd = \frac{Vb}{R} \cdot r. \quad (5)$$

Динамика абразивных гранул, вызванная колебаниями стенки резервуара. Помимо постоянной составляющей скорости гранул у стенки резервуара существует и переменная составляющая. В работе [8] показано, что циклическое движение стенки приводит к динамике псевдогаза из гранул абразива, аналогичной распространению волн. Зависимости скорости движения псевдогаза имеют следующий вид:

$$V_r = F_r(r) \cdot \sin(\omega \cdot \tau - \varphi); \quad (6)$$

$$V_\tau = F_r(r) \cdot \cos(\omega \cdot \tau - \varphi). \quad (7)$$

Зависимость характера движения псевдогаза от радиуса может быть проиллюстрирована графиками (рис. 3). Из рисунка видно, что амплитуда радиальной составляющей $F_r(r)$ монотонно спадает до нуля с уменьшением радиуса и впоследствии меняет знак по мере его изменения. Её абсолютная величина колеблется, дважды проходя через нулевое значение ($F_r(r) = 0$ при $r^* = 0$ и $r^* \approx 2,6$). Такое поведение $F_r(r)$ аналогично поведению некоторой функции, которая описывает распространение волны во внутрь резервуара вдоль его радиуса.

Однако ввиду того что $F_r(r)$ является решением уравнения Бесселя, такую волну нельзя описать простой зависимостью вида $f(r^*) \cdot g(\omega \cdot t - r^*)$. Функция $V_r = F_r(r) \cdot \sin(\omega \cdot t - \varphi)$ стремится к этому виду только при $r^* \rightarrow \infty$ [9].

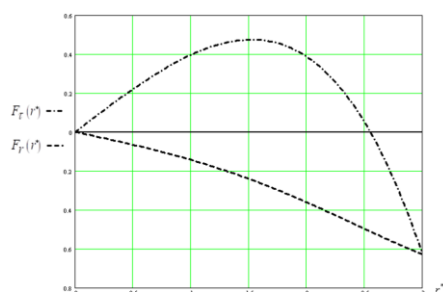


Рис. 3. Тангенциальная - $F_\tau(r)$ и радиальная - $F_r(r)$ составляющие скорости движения псевдогаза из абразивных гранул в зависимости от безразмерного

$$\text{радиуса } r^* = \frac{r}{\sqrt{v/\omega}}$$

Влияние дефлектора на динамику псевдогаза из абразивных гранул. Соотношения

(6) и (7) получены в отсутствии каких либо предметов внутри резервуара. В нашем случае внутри резервуара расположен дефлектор, который вращается совместно с гранулами с угловой скоростью, определяемой соотношением:

$$\Omega d = \frac{Vb}{R}. \quad (8)$$

Наличие дефлектора усложняет решение задачи движения абразивных гранул, так как помимо граничных условий, на поверхности резервуара появляются граничные условия на поверхностях «лопастей» вращающегося дефлектора.

Эту задачу можно решить аналитическим путем, приняв определенные упрощения.

Первым, допустимым упрощением является переход во вращающуюся совместно с дефлектором систему координат, имеющую угловую скорость вращения Ωd . Согласно первому закону Ньютона, такая система координат является неинерциальной, и в общем случае уравнения Навье - Стокса в ней не могут быть использованы. Однако их применение во вращающейся системе координат оправдано тем, что ускорение, возникающее благодаря угловой скорости Ωd , значительно меньше ускорения, возникающего благодаря циклическому движению резервуара $\Omega r = \frac{V_r}{r}$. Это можно показать, сравнив центростремительные ускорения гранул у стенки резервуара:

$$\Omega d = \frac{-\frac{A\omega}{2\pi} [\cos \alpha^* - \cos \alpha_0 - \sin \alpha_0 (\alpha_0 - \alpha^*)]}{R}; \quad (9)$$

$$\Omega d = \frac{V_r}{r} = \frac{A \cdot \omega}{R}. \quad (10)$$

Из выражения (8) видно, что максимальное по амплитуде значение Ωd можно принять, когда величина в квадратных скобках выражения равна 1.

Ускорения, создаваемые этими угловыми скоростями гранул у стенки резервуара, равны:

$$\begin{aligned} ad &= \Omega d^2 \cdot R \frac{A^2 \cdot \omega^2}{4 \cdot \pi^2 \cdot R} \\ ad &= \Omega p^2 \cdot R \frac{A^2 \cdot \omega^2}{R}. \end{aligned} \quad (11)$$

Из соотношений (11) видно, что ускорение, создаваемое постоянным циркуляционным потоком – ad , почти в 40 раз меньше, чем амплитудное значение ускорения, создаваемого циклическим движением стенки резервуара – ar . Следовательно, влиянием ускорения ad при переходе к вращающейся вместе с дефлектором системе координат, имеющей угловую скорость Ωd , можно

пренебречь. Также следует добавить, что величина и периодичность циклического воздействия радиальной стенки резервуара на псевдогаз из абразивных гранул во вращающейся системе координат будет таким же, как и в покоящейся.

Во вращающейся системе координат положение дефлектора неизменно, что значительно упрощает нахождение «термодинамических» параметров абразивных гранул под воздействием колеблющейся стенки.

Вторым упрощением является рассмотрение воздействия дефлектора и стенки резервуара на гранулы абразива в рамках волнового приближения. Такое допущение основано на том, что колебательное движение стенки резервуара приводит к динамике псевдогаза из гранул абразива, аналогичной распространению волн. Колебательное движение дефлектора также приводит к возникновению волнового движения в псевдогазе из гранул абразива.

Воздействие колебательного движения дефлектора на гранулы абразива. Рассмотрим подробнее динамику дефлектора. «Лопастей» дефлектора участвуют в двух движениях:

1. Вращательное движение совместно с абразивом.

2. Вращательно-колебательное движение, вызванное круговым движением оси дефлектора.

Ось дефлектора совмещена со стрежнем, который вращается синхронно со стенками резервуара с той же амплитудой.

Рассмотрим подробнее это движение. На рис. 4 показана схема, движения дефлектора.

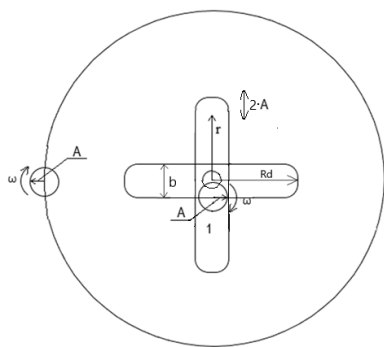


Рис. 4. Схема, движения дефлектора

Из рис. 4 видно, что ось вращения дефлектора совершает круговое движение, аналогичное движению стенки резервуара. Поэтому ось вращения дефлектора не изменяет своего положения относительно оси резервуара, совпадая с ней.

Концы «лопастей» дефлектора совершают сложное движение, состоящее из продольных колебаний с амплитудой A (показано стрелкой вверху рисунка) и колебаниями с центром на конце «лопасти» и максимальным угловым отклонением $\arctg(A/Rd) \approx A/Rd$. Последнее верно вследствие малости амплитуды A по сравнению с

Rd . По той же причине такими колебаниями можно пренебречь по сравнению с колебаниями с амплитудой A .

Выводы. Таким образом, рассмотрев движение абразивных гранул внутри колеблющегося резервуара с дефлектором, включающее циркуляцию гранул, вызванную колебаниями стенки резервуара, а также влиянием дефлектора на движение псевдогаза из абразивных гранул, можно подойти к созданию математической модели вибрационной отделочно-абразивной обработки мелкогабаритных плоскостных деталей, для создания которой необходимо дополнительно рассмотреть акустическое излучение дефлектора, диссипацию энергии в процессе соударения гранул абразива при виброобработке, а также воздействие различных факторов на движение пакетов слипшихся деталей. Такое рассмотрение позволит получить динамику разрушения слипшихся пакетов деталей и их коагуляцию при виброобработке. Как результат, можно будет подойти к определению съема металла при виброобработке мелкогабаритных плоскостных деталей в резервуаре с использованием вращающегося «крестообразного» дефлектора.

Л и т е р а т у р а

1. Бабичев А.П., Бабичев И.А. Основы вибрационной технологии. – Ростов-на-Дону: ДГТУ, 1998. – 624 с.
2. Обработка деталей свободными абразивами в вибрирующих резервуарах / И.Н. Карташов, М.Е. Шаинский, В.А. Власов, Б.П. Румянцев, П.С. Банатов, Е.С. Кислица - К.: Высшая школа, 1975. - 188 с.
3. Protodyakonov IO, Chesnokov YuG (1982) Gydrodynamics of fluidized layer. Leningrad: Chemistry. p. 264 (in Russian) Taganov IN (1979) Modeling of Mass and Energy Transfer. Nonlinear Systems. Leningrad: Chemistry. p. 208 (in Russian)]
4. Batchelor G.K. (2000) An Introduction to Fluid Dynamics. Cambridge, England: Cambridge University Press, p. 615.
5. A. G. Mamalis, A. I. Grabchenko, A. V. Mitsyk, V. A. Fedorovich, J. Kundrak (2014) Mathematical simulation of motion of working medium at finishing-grinding treatment in the oscillating reservoir. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology 70 (1), UK, P 263 - 273
6. Landau L.D., Lifshitz E.M. (1987) Fluid mechanics. Course of Theoretical Physics. Vol. 6. (2nd ed.). London: Pergamon Press, p. 539.
7. Слезкин Н. А. Динамика вязкой несжимаемой жидкости. — М.: ГИТТЛ. — 1955. — 519 с.
8. A. V. Mitsyk, V. Ol. Fedorovich (2014) Mathematical simulation of kinematics of vibrating boiling granular medium at treatment in the oscillating reservoir. Key Engineering Materials №581, Switzerland, P 456-461.
9. И. Н. Бронштейн, К. А. Семендяев, Справочник по математике для инженеров и учащихся вузов, - М., "Наука", 1986 г., 544 с.

References

1. Babichev A.P., Babichev I.A. Osnovy vibraci-onnoj tehnologii. – Rostov-na-Donu: DGTU, 1998. – 624 s.
2. Obrabotka detalej svobodnymi abrazivami v vibrirujushhih rezervuarah / I.N. Kartashov, M.E. Shainskij,

V.A. Vlasov, B.P. Rumjancev, P.S. Bana-tov, E.S. Kislica - K.: Vysshaja shkola, 1975. - 188 s.

3. Protodyakonov IO, Chesnokov YuG (1982) Gydrodynamics of fluidized layer. Leningrad: Chemistry. p. 264 (in Russian) Taganov IN (1979) Modeling of Mass and Energy Transfer. Nonlinear Systems. Leningrad: Chemistry. p. 208 (in Russian)]

4. Batchelor G.K. (2000) An Introduction to Fluid Dynamics. Cambridge, England: Cambridge University Press, p. 615.

5. A. G. Mamalis, A. I. Grabchenko, A. V. Mitsyk, V. A. Fedorovich, J. Kundrak (2014) Mathematical simulation of motion of working medium at finishing-grinding treatment in the oscillating reservoir. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, UK, P 263 - 273

6. Landau L.D., Lifshitz E.M. (1987) Fluid mechanics. Course of Theoretical Physics. Vol. 6. (2nd ed.). London: Pergamon Press, p. 539.

7. Clezkin N. A. Dinamika vjazkoj neszhimajemoj zhidkosti. — M.: GITTL. — 1955. — 519 s.

8. A. V. Mitsyk, V. Ol. Fedorovich (2014) Mathematical simulation of kinematics of vibrating boiling granular medium at treatment in the oscillating reservoir. Key Engineering Materials №581, Switzerland, P 456-461.

9. I. N. Bronshtejn, K. A. Semendjaev. Spravochnik po matematike dlja inzhenerov i uchashhihsja vuzov, M., "Nauka", 1986 g., 544 s.

Rubanenko V. Yu., Mitsyk V. Ya.

ON THE ISSUE OF MATHEMATICAL SIMULATION OF THE VIBRATION TREATMENT PROCESS OF SMALL-SIZED PLANAR PARTS

Boundary conditions on the inner surface of the vibration machine reservoir wall are given. The radial distribution of the granules movement speed in a reservoir with a deflector and the dynamics of abrasive granules caused

by oscillations of the reservoir wall are considered. The influence of the deflector on the nature of the pseudo-gas movement from abrasive granules is revealed. The action of the oscillatory motion of the deflector on the abrasive granules is estimated.

Keywords: vibration treatment, small-sized planar parts, reservoir, reservoir wall, abrasive granule, deflector.

Рубаненко Виктория Юрьевна, ассистент кафедры охраны труда и БЖД ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

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», г. Луганск.

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".

Рецензент: Гутько Юрий Иванович, д.т.н., проф., профессор кафедры промышленного литья, ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 16.10.2021

УДК 004.056

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ БЛОКЧЕЙН В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Сычев Е.В., Ищенко Ю.В.

POSSIBILITIES OF BLOCKCHAIN TECHNOLOGY APPLICATION IN EDUCATIONAL PROCESS

Sychev E.V., Ischenko J.V.

В статье обсуждаются возможные сценарии использования технологии блокчейн в образовательной сфере. Предлагается решение проблемы на двух уровнях: непосредственное использование блокчейна в различных элементах учебного процесса; добавление элементов блокчейна в учебную программу. Были определены возможности для решения проблем в образовании и науке, основанные на преимуществах технологии блокчейн, которые могут быть использованы для поддержки разработки реальных проектов. Также описаны преимущества использования платформы Ethereum в качестве основы для разработки учебных материалов по возможностям блокчейн-курсам.

Ключевые слова: информационные технологии, блокчейн, реализация, автоматизация, цифровая экономика, образовательная среда, платформа, проект, биткоин.

Введение. Впервые технология блокчейн (англ. blockchain) была описана группой исследователей в 1991 году [1]. Однако в то время у большинства пользователей не было достаточно мощных накопителей и быстрого доступа в Интернет, чтобы реализовать идеи, заложенные в блокчейн.

Практическое применение технологии блокчейн началось только в 2008 году, когда неизвестный пользователь под псевдонимом Сатоши Накамото опубликовал техническое описание протокола криптовалюты и создал первую версию программного обеспечения для реализации протокола [2]. 3 января 2009 года, в новой сети под названием Bitcoin был произведен первый блок.

Эта сеть позволяла пользователям осуществлять переводы биткоинов друг другу без участия внешнего посредника, при этом слово «биткоин» использовалось не только как название самой системы, но и как название денежной единицы. Сегодня именно криптовалюты являются наиболее известным, значимым и распространенным примером использования технологии блокчейн [3, 4].

Целью данной работы является выбор технологии для хранения информации в цифровом

формате, исключая возможность подделки данных. Механизм работы блокчейна основан на децентрализованной цепочке эквивалентных блоков, каждый блок содержит три элемента: блок данных, хэш-блок и хэш предыдущего блока. Хэш-блок – это уникальный код, присвоенный блоку для его дальнейшей идентификации. Если кто-то изменит данные в блоке, их хэш изменится. Уличить подмену данных можно с помощью хэша предыдущего блока, который записан в следующем блоке. Несовпадение кодов указывает на замену данных в предыдущем блоке. Изменение одного блока делает все следующие за ним блоки недействительными.

Как правило, термин блокчейн понимается следующим образом: это полностью распределенная одноранговая система регистрации, которая использует программный модуль, реализующий алгоритм. Он обрабатывает содержимое информации в единый блок правильно взаимосвязанных блоков данных с использованием криптографических технологий и технологий защиты данных для обеспечения безопасности.

Блокчейн позволяет автоматизировать транзакции без привлечения третьей стороны. В системе нет центрального руководства, специальная категория пользователей, называемая майнером, предназначена для проверки транзакций. Майнер подтверждает подлинность совершенных транзакций и формирует блоки, которые выстраиваются в цепочку. Отсутствие посредников – главное преимущество технологии. В настоящее время все транзакции с деньгами, документами и другими данными требуют, чтобы посредники проверяли подлинность совершенных транзакций. В блокчейне транзакции проверяются и подтверждаются участниками системы. Программный код сети доступен для всех, и любой желающий может просмотреть данные транзакций.

Блокчейн постепенно внедряется не только во все сферы бизнеса, но и в сферу образования, поскольку взаимодействие бизнеса и науки внесло

огромный вклад в производство инновационных продуктов. Развитие цифровой экономики неразрывно связано с развитием экономики знаний. Экономика знаний основана на нематериальных формах производства и роста, то есть на знаниях и тех, кто ими владеет.

Современная цифровая экономика имеет много преимуществ, например, отказ от бумажных носителей в пользу цифровых средств массовой информации, что приведет к сокращению сертификатов и других форм отчетности, сокращению числа посредников и созданию отдельных продуктов для каждого потребителя, образовательные услуги и продукты в цифровом мире могут быстро выйти на мировой рынок, образовательные продукты могут быстро реагировать на требования потребителей. Сбор информации на бумаге предполагает дополнительную нагрузку на преподавателей, и, следовательно, качество обучения снижается; нельзя вносить изменения в документы академической отчетности нескольких учебных заведений; формы могут быть несовместимы, что снижает эффективность работы персонала; отсутствие полной базы данных выпускников усложняет работодателям поиск соответствующих специалистов с определенными навыками; отсутствие открытой базы данных о занятости выпускников и их переход на другую работу не допускает образовательным организациям оценивать эффективность их работы по своим программам и другие проблемы [5].

Рассмотрим более подробно одну из возможных областей применения блокчейна, особенно ее применение в образовательном процессе. Можно предложить реализацию двух задач, взаимосвязанных между собой:

1. Использование технологии блокчейн для автоматизации и повышения эффективности определенных компонентов образовательного процесса.

2. Введение в образовательный процесс учебных дисциплин, посвященных технологии блокчейна.

Рассмотрим первый вопрос более подробно.

Одной из областей, где блокчейн начал активно интегрироваться, является область хранения и управления документами. Здесь особенно важно убедиться, что никто не сможет манипулировать данными и перезаписать их не получится. Кроме того, каждый может узнать, кто добавил ту или иную запись в систему. Этот метод можно использовать не только для удостоверения личности или документов на собственность, поскольку он также применим к сфере образования.

Компании, нанимающие новых сотрудников, часто сталкиваются с трудностями при проверке подлинности документов. Блокчейн может облегчить процесс проверки образовательных

данных, который в настоящее время используется во всем мире.

Единственным способом проверить это может быть только отправка заявления в учебное заведение. Если компания ответит на такой запрос, то потребуются много времени, чтобы получить ответ. Это не причинит неудобств малому бизнесу, но не совсем подходит для крупных компаний, которые ежегодно принимают сотни сотрудников структуры.

Способность образовательных систем использовать блокчейн не ограничивается хранением документов в базе данных. Популярность онлайн-курсов постоянно растет, так как они дешевле и позволяют получать знания из любой точки мира с помощью Интернета. Если объединять различные блочные курсы, можно развивать направления обучения по многим узконаправленным специальностям. Кроме того, блокчейн должен устанавливать стандарты, позволяющие признавать любой диплом и сертификат в любой точке мира.

Сертификаты и дипломы подтверждают наличие у кандидатов определенных навыков и знаний. Хранение данных в системе позволяет распределять их между компаниями, создавая динамичную систему поиска персонала по набору специализированных навыков в конкретной компании. В свою очередь это создаст спрос на определенные навыки, тем самым установив тенденции для изучения определенных курсов в режиме реального времени. Кандидаты увидят, что именно нужно изучить, чтобы получить требуемую должность. Образовательные организации, которые адаптируются к новым тенденциям на рынке труда, будут предоставлять «динамичные блоки курсов», и студенты будут выбирать только те курсы, которые необходимы для дальнейшего развития их карьеры.

Этот вектор развития системы образования также принципиально решает проблему быстрого обновления программ, которая сформировалась в период ускоренного развития информационных технологий.

Тенденции на рынке труда меняются из года в год. Технологии развиваются быстрее, чем когда-либо, что меняет значение различных профессий во всех областях работы. Система образования не всегда предлагает современные учебные программы, которые иногда устаревают до тех пор, пока выпускники не получают дипломы. С созданием системы, позволяющей видеть требования к специалистам в режиме реального времени, должно появиться понимание изменений в системе образования. Кроме того, это облегчит поиск работы и позволит образованным людям бороться с безработицей [6].

Блокчейн в образовательных учреждениях открывает огромные возможности для его эффективного использования. Сегодня уже реализуется блокчейн-инфраструктура,

ориентированная на исследования и публикации, которая позволила бы создать инфраструктуру, автоматически регистрирующую данные о новых публикациях в блокчейне и постоянно обновляющую представление об отношениях между публикациями (ссылками, цитатами), а это решит проблемы стратификации научных публикаций по импакт-фактору конкретного издания, индексу цитирования. Блокчейн-инфраструктура решит проблему регистрации информации о лицензировании и патентовании объекта интеллектуальной собственности.

Блокчейн в образовательных учреждениях уже широко используется в зарубежных странах и открывает огромные возможности для его эффективного использования. Информационные технологии в Японии, Сингапуре, Соединенных Штатах, Гонконге и Эстонии активно внедряются во всех секторах, а система образования Сингапура активно использует электронное обучение и считается одной из них. В Японии сегодня блокчейн-платформы широко используются в сфере образования.

Теперь рассмотрим вторую задачу, а именно добавление в образовательный процесс дисциплин, посвященных блокчейну. Чтобы реализовать все вышеперечисленные идеи, нам нужны соответствующие программные специалисты.

Технология Blockchain в настоящее время переживает настоящий бум, но ее развитие и осуществление сталкиваются с одним большим препятствием – отсутствием вовлеченного и обученного человеческого капитала. В то же время поисковые запросы обрабатываются и в различных областях, таких как юридическая, финансовая и технологическая.

Эту тенденцию очень легко объяснить: специалистам блокчейну нужны стартапы, которые продолжают появляться, и, в большей степени, в крупных компаниях, которые планируют реализовать блокчейн.

Многочисленные курсы по блокчейну распространяются как онлайн, так и во время аудиторных часов для подготовки сотрудников к блокчейн-проектам [7].

Стоит отметить, что все больше и больше университетов по всему миру предлагают учебные курсы в новой области.

Недавнее исследование Coinbase показало, что почти половина лучших университетов мира предлагают, по крайней мере, один курс по блокчейну и криптовалютам. Если несколько лет назад количество студентов было сопоставимо у первого из них со школьным классом, то сегодня университетская аудитория ломится от желания получить знания в перспективной области.

В связи с вышеизложенным представляется целесообразным введение дисциплин, посвященных технологии блокчейн, в учебные планы бакалавриата по направлениям подготовки

информационных и вычислительных систем. В качестве инструмента для организации лабораторных работ и практики представляется целесообразным выбрать блокчейн Ethereum (Эфириум).

Ethereum – это платформа для создания децентрализованных онлайн-сервисов на основе блокчейна (децентрализованных приложений на основе смарт-контрактов). Реализован в виде единой децентрализованной виртуальной машины. Это было предложено основателем журнала Bitcoin Виталиком Бутериным в конце 2013 года, сеть была запущена 30 июля 2015 года.

Смарт-контракт (smart contract) – это компьютерный алгоритм, предназначенный для подписания и сопровождения коммерческих контрактов в технологии блокчейн.

Смарт-контракты в Ethereum представлены в виде классов, которые могут быть реализованы на различных языках, включая визуальное программирование, и скомпилированы в байтовый код для виртуальной машины Ethereum (EVM) перед отправкой в блокчейн. Изменения состояния виртуальной машины могут быть записаны Тьюрингом на полном языке сценариев.

Будучи открытой платформой, Ethereum значительно упростил внедрение технологии блокчейн, что объясняет интерес не только стартапов, но и крупных разработчиков программного обеспечения, таких как Microsoft и IBM.

В отличие от биткоина, Ethereum в проекте – это не платежное средство, а способ защиты смарт-контрактов на блокчейн-платформе [8].

Поскольку Ethereum имеет общедоступный открытый исходный код, любой разработчик может интегрировать его в проект. Таким образом, при необходимости вы даже можете создать частный блокчейн Ethereum в своей локальной сети. Для этого понадобятся следующие программные компоненты:

- протокол geth;
- кошелек MetaMask;
- сервис Ethereum Block Explorer;
- онлайн-редактор remix.

Ethereum обладает следующими свойствами:

- поддерживает 4 языка программирования.

Ethereum сотрудничает с Python, Mutan, LLL и Solidity. Эти языки созданы непосредственно для Эфириума;

- разработка децентрализованных приложений, состоящих из смарт-контрактов и клиентского кода;

- существует браузер клиента Mist, в котором запускаются контракты и приложения. Интуитивно понятный и простой в использовании интерфейс позволяет использовать проект даже новичкам;

- наличие EVM (virtual machine Ethereum).

Это свойство Эфириума представляет собой виртуальную службу, используемую всеми

участниками блокчейна. Благодаря EVM, пользователи считывают данные из базы данных и записывают туда новые при необходимости;

- многоуровневость платформы. Ядро Эфириума состоит из базовых технологий, приложений и дополнительных сервисов.

Анализ перспектив внедрения блокчейна. Внедрение технологии blockchain в образовательных организациях позволит:

- перевод всего рабочего процесса образовательной организации на блокчейн, который повысит скорость обработки материалов, обеспечит прозрачность и невозможность утраты документа, повреждения или подделки, поскольку созданный блок больше не может быть изменен и удален из сети;

- обеспечить прозрачность финансовых потоков учебного заведения, распределение финансов между различными структурными подразделениями;

- иметь единый ресурс, где вы можете найти интересующий вас курс в любой точке мира;

- хранить копию всей базы данных для каждого участника с помощью протокола;

- упростить процесс перезачета оценки при переводе в другое учебное учреждение;

- вносить аттестаты, награды студентов в блокчейн;

- выпуск «проверенных» цифровых дипломов с использованием технологии blockchain, защищенной от подделок;

- потенциальному работодателю поможет получить доступ к данным студента и получить подтверждение того, где студент учился и какие у него навыки;

- убедиться, что работодатель ищет специалистов с определенными навыками;

- наличие базы данных о занятости выпускников и прохождении на другую работу поможет образовательным организациям оценить эффективность работы их программ;

- утвердить и сохранить авторские права преподавательского состава;

- решить проблемы стратификации научных публикаций по импакт-фактору конкретного издания, индексу цитирования, проблему фиксирования информации о лицензировании и патентовании того или иного объекта интеллектуальной собственности;

- переходить в эпоху цифровых контрактов и безбумажных сделок, что значительно снизит затраты на техническое обслуживание.

Выводы. Развитие современных технологий идет ускоренными темпами. Исследования состояния рынка труда показали, что внедрение новых технологий, в том числе блокчейн, приведет к масштабному сокращению числа рабочих мест и изменению структуры рынка труда. На сессии «Человеческий капитал как фактор экономического развития», состоявшейся в Сочи в феврале 2017

года, сообщалось, что в ближайшие 10 лет 6 млн рабочих мест и еще 25 млн человек могут полностью исчезнуть из-за использования цифровых технологий. Поэтому переход образовательных организаций на новые технологии должен основываться на тщательном изучении состояния рынка образовательных организаций и формировании занятости, разработке средств для переподготовки сотрудников.

Сегодня мир меняется очень быстро. Внедрение новых инструментов и технологий является необходимым условием для быстрого развития образовательного учреждения. Переход на блокчейн как инструмент развития цифровой экономики уже становится необходимостью.

Результатом внедрения блокчейн-технологий станет автоматизация производственных процессов и предоставление услуг, что приведет к эпохе цифровых контрактов и безбумажных транзакций, значительной экономии ресурсов. Это означает, что учебные заведения, перешедшие на современную и развитую цифровую инфраструктуру, смогут поддерживать экономическую стабильность, что позволит образовательным учреждениям быть конкурентоспособными.

Литература

1. Haber S., Stornetta W.S. How to time-stamp a digital document // Journal of Cryptology. – January 1991, Volume 3, Issue 2, P. 99-111.
2. Nakamoto S. Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System [Электронный ресурс] // 2008. – Режим доступа: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf> (дата обращения 06.05.2019).
3. Винья П., Кейси М. Эпоха криптовалют. Как биткойн и блокчейн меняют мировой экономический порядок. – М.: Издательство «Манн, Иванов и Фербер», 2017. – 432 с.
4. Дрешер Д. Основы блокчейна: вводный курс для начинающих в 25 небольших главах. – М.: ДМК Пресс, 2018. – 312 с.
5. Лелу Л. Блокчейн от А до Я. Все о технологии десятилетия. – М.: Эксмо, 2018. – 256 с.
6. Антонопулос А. Осваиваем биткойн. Программирование блокчейна. – М.: ДМК Пресс, 2018. – 428 с.
7. Свон М. Блокчейн: Схема новой экономики. – М.: Издательство «Олимп-Бизнес», 2017. – 240 с.
8. Равал С. Децентрализованные приложения. Технология Blockchain в действии. – СПб.: Питер, 2017. – 240 с.

References

1. Haber S., Stornetta W.S. How to time-stamp a digital document // Journal of Cryptology. – January 1991, Volume 3, Issue 2, P. 99-111.
2. Nakamoto S. Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System [Elektronnyj resurs] // 2008. – Rezhim dostupa: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf> (data obrashheniya 06.05.2019).
3. Vin'ja P., Kejsi M. Jepoha kriptovaljut. Kak bitkoin i blokchejn menjajut mirovoj jekonomicheskij porjadok. – M.: Izdatel'stvo «Mann, Ivanov i Ferber», 2017. – 432 s.

4. Drescher D. Osnovy blokchejna: vvodnyj kurs dlja nachinajushhih v 25 nebol'shih glavah. – M.: DMK Press, 2018. – 312 s.
5. Lelu L. Blokchejn ot A do Ja. Vse o tehnologii desjatiletija. – M.: Jeksno, 2018. – 256 s.
6. Antonopulos A. Osvaivaem bitkojn. Programmirovanie blokchejna. – M.: DMK Press, 2018. – 428 s.
7. Svon M. Blokchejn: Shema novoj jekonomiki. – M.: Izdatel'stvo «Olimp-Biznes», 2017. – 240 s.
8. Raval S. Decentralizovannye prilozhenija. Tehnologija Blockchain v dejstvii. – SPb.: Piter, 2017. – 240 s.

Sychev E.V., Ischenko J.V.

POSSIBILITIES OF BLOCKCHAIN TECHNOLOGY APPLICATION IN EDUCATIONAL PROCESS

The article discusses possible scenarios for using blockchain technology in the educational field. A solution to the problem at two levels is proposed: direct use of the blockchain in various elements of the educational process; adding blockchain elements to the curriculum. Opportunities for solving problems in education and science were identified, based on the benefits of blockchain technology, which can be used to support the development of real projects. It also describes the advantages of using the Ethereum platform as a basis for developing educational materials for possible blockchain courses.

Key word: information technology, blockchain, implementation, automation, digital economy, educational environment, platform, project, bitcoin.

Сычев Евгений Владимирович, старший преподаватель кафедры информатики и программной инженерии ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.
E-mail: sev0958185122@yandex.ru

Sychev Evgenij Vladimirovich, senior lecturer at the Department of computer science and software engineering, SEE HT LPR "Lugansk Vladimir Dahl State University".

Ищенко Юлия Владимировна, ассистент кафедры информатики и программной инженерии ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.
E-mail: ischenko7108@gmail.com

Ischenko Julia Vladimirovna, assistant of the Department of computer science and software engineering, State Educational Establishment of Higher Education «Lugansk Vladimir Dahl State University».

Рецензент: Родионов Александр Владимирович, профессор кафедры информатики и программной инженерии ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля»

Статья подана 19.09.2021 года

УДК 517.987

ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ ПРОДОЛЖЕНИЯ РЕГУЛЯРНЫХ МЕР

Таращанский М.Т.

EXTREME EXTENSIONS OF REGULAR MEASURES

Tarashchanskii M.T.

В работе рассматриваются продолжения регулярных мер на более широкую алгебру и условия, при которых такие продолжения являются экстремальными точками множества всех регулярных продолжений исходной меры. Доказан критерий экстремальности регулярного продолжения исходной меры и даны необходимые и достаточные условия единственности продолжения.

Ключевые слова: регулярная мера, продолжение меры, экстремальные точки.

Введение. Пусть X – непустое множество, $P(X)$ – множество всех его подмножеств, $S \subset P(X)$ – некоторое семейство подмножеств и μ – мера, т.е. неотрицательная, конечная, конечно аддитивная функция множеств, определенная на S .

Пусть, кроме того, R – некоторая решетка подмножеств X , содержащая $\emptyset$ и X и $R \subset S$.

Мера μ называется R -регулярной, если для всякого $S \in S$ и всякого $\varepsilon > 0$ найдется такое $R \in R$, $R \subset S$, что $|\mu(S) - \mu(R)| < \varepsilon$.

Поскольку μ неотрицательна, то μ является R -регулярной тогда и только тогда, когда $\mu(S) = \sup\{\mu(R); R \subset S, R \in R\}$ для всякого $S \in S$. Если S является алгеброй $S = A$, то предыдущее условие эквивалентно соотношению $\mu(A) = \inf\{\mu(\bar{R}); A \subset \bar{R}, R \in R\}$, где для всякого $A \subset X$ символом $\bar{A}$ обозначается $\{x \in X : x \notin A\}$.

Для любой системы множеств $S \subset P(X)$ символом $a(S)$ будет обозначаться алгебра, порожденная S . Пусть μ – R -регулярная мера, определенная на алгебре $A = a(R)$ и пусть $F \subset P(X)$ – еще одна решетка, такая что $R \subset F$. Множество всех продолжений меры μ на алгебру $B = a(F)$ будет обозначаться как $S_\mu(A, B)$, а множество всех экстремальных точек таких продолжений – как $exS_\mu(A, B)$. Множество всех F

-регулярных продолжений R -регулярной меры μ на алгебру $a(F)$ будем обозначать как $S_\mu^r(A, B)$, а множество всех экстремальных точек таких продолжений – как $exS_\mu^r(A, B)$.

Согласно теореме 2.1. работы [2] всякая R -регулярная мера μ может быть продолжена до F -регулярной меры ν , определенной на алгебре $B = a(F)$, т.е. $S_\mu^r(A, B) \neq \emptyset$. Теорема 2.3 работы [1] утверждает, что $exS_\mu^r(A, B) \neq \emptyset$. Здесь будет доказан критерий экстремальности меры $\nu \in S_\mu^r(A, B)$ и даны необходимые и достаточные условия единственности такого продолжения.

Основные результаты. Начнем формулировки критерия экстремальности, аналогичного критерию теоремы 1 работы [5].

Теорема 1. Пусть μ – R -регулярная мера, определенная на алгебре $A = a(L)$, F – еще одна решетка подмножеств X , $R \subset F$ и $B = a(F)$. Тогда, если $\nu \in S_\mu^r(A, B)$, то $\nu \in exS_\mu^r(A, B)$, если и только если для всякого $F \in F$ и всякого $\varepsilon > 0$ существует такое $R \in R$, что $\nu(F \Delta R) < \varepsilon$.

Доказательство. Если $\nu \in exS_\mu^r(A, B)$, то, согласно предыдущему предложению, $exS_\mu^r(A, B) = exS_\mu(A, B)$ и, в силу теоремы 1 из [4], для всякого $B \in B$ и всякого $\varepsilon > 0$ найдется такое $A \in A$, что $\nu(A \Delta B) < \varepsilon/3$. Поскольку $\nu \in S_\mu^r(A, B)$, то для всякого $B \in B$ и всякого $\varepsilon > 0$ найдется такое $F \in F$, что $\nu(B \Delta F) \leq \varepsilon/3$. Из R -регулярности меры μ для всякого $A \in A$ вытекает существование такого $R \subset A$, $R \in R$, что $\mu(A \Delta R) < \varepsilon/3$. Отсюда

$$\begin{aligned} \nu(F \Delta R) &\leq \nu(F \Delta B) + \nu(B \Delta R) \leq \\ &\leq \nu(F \Delta B) + \nu(B \Delta A) + \nu(R \Delta A) < \varepsilon. \end{aligned}$$

Обратно, поскольку мера ν является F -регулярной, то для всякого $B \in \mathcal{B}$ и всякого $\varepsilon > 0$ найдется такое $F \in \mathcal{F}$, что $\nu(B \Delta F) < \varepsilon/3$. Согласно условию для всякого $F \in \mathcal{F}$ и всякого $\varepsilon > 0$ существует такое $R \in \mathcal{R}$, что $\nu(F \Delta R) < \varepsilon/3$. Из R -регулярности меры μ для всякого $A \in \mathcal{A}$ вытекает существование такого $R \subset A$, $R \in \mathcal{R}$ что $\mu(A \Delta R) < \varepsilon/3$. Тогда получаем:

$$\begin{aligned} \nu(A \Delta B) &\leq \nu(B \Delta F) + \nu(A \Delta F) \leq \\ &\leq \nu(B \Delta F) + \nu(A \Delta R) + \nu(R \Delta F) < \varepsilon. \end{aligned}$$

В силу теоремы 1 работы [5] и предыдущего предложения, $\nu \in \text{ex} S_\mu(A, B)$, а, значит, $\nu \in \text{ex} S_\mu^r(A, B)$.

Теорема 2. Мера $\nu \in S_\mu^r(A, B)$ является единственным F -регулярным продолжением меры μ тогда и только тогда, когда $\nu(F) = \mu^*(F)$ для всякого $F \in \mathcal{F}$.

Доказательство. Необходимость. Пусть $F \in \mathcal{F}$ и R_1 - решетка, порожденная R и F . Согласно теореме 1 работы [4] функция множеств λ , определенная на алгебре $a(R_1)$ равенствами $\lambda(B) = \mu^*(F \cap B) + \mu_*(\bar{F} \cap B)$, $B \in a(R_1)$ является мерой на $a(R_1)$, продолжающей меру μ . Кроме того, как показано в теореме 2.1. работы [2], мера λ является R_1 -регулярной. В силу единственности ν , ее сужение на $a(R_1)$ совпадает с λ . Значит $\nu(F) = \lambda(F) = \mu^*(F)$.

Достаточность. Допустим, что в условиях теоремы существует еще одно F -регулярное продолжение η меры μ . Тогда $\nu(F) = \mu^*(F) \geq \eta(F)$ для всякого $F \in \mathcal{F}$. Или $\nu(\bar{F}) \leq \eta(\bar{F})$, $F \in \mathcal{F}$. В силу F -регулярности обеих мер ν и η , имеем:

$$\begin{aligned} \nu(F) &\geq \eta(F) = \inf \{ \eta(\bar{F}_1) : F \subset \bar{F}_1, F_1 \in \mathcal{F} \} \geq \\ &\geq \inf \{ \nu(\bar{F}_1) : F \subset \bar{F}_1, F_1 \in \mathcal{F} \} = \nu(F). \end{aligned}$$

Отсюда следует, что $\nu(F) = \eta(F)$ для всякого $F \in \mathcal{F}$, что, в силу регулярности обеих мер, влечет равенство $\nu(B) = \eta(B)$ для всякого $B \in \mathcal{B}$. Теорема доказана.

Этот результат можно переформулировать следующим образом: мера $\nu \in S_\mu^r(A, B)$ является единственным F -регулярным продолжением меры μ тогда и только тогда, когда для всякого $\varepsilon > 0$ и всякого $F \in \mathcal{F}$ найдется такое $R \in \mathcal{R}$, что $\bar{R} \supset F$ и $\lambda(\bar{R} \setminus F) = \mu(\bar{R}) - \mu^*(F) < \varepsilon$.

Дополнительные результаты о единственности F -регулярного продолжения содержатся в [6].

Пусть теперь $R \subset \mathcal{P}(X)$, мера μ определена на алгебре $A = a(R)$ и R -регулярна и ν - мера на алгебре $B \supset A$, продолжающая меру μ . Если мера ν R -регулярна, то она является экстремальным продолжением меры μ , что вытекает из теоремы 1 работы [4]. Однако справедливо более сильное утверждение.

Теорема 3. Пусть $R \subset \mathcal{P}(X)$, мера μ определена на алгебре $A = a(R)$ и R -регулярна. Тогда продолжение меры μ до меры ν на алгебру $B \supset A$ единственно тогда и только тогда, когда мера ν R -регулярна.

Доказательство. Пусть мера ν R -регулярна. Тогда для всякого $B \in \mathcal{B}$ имеем:

$$\begin{aligned} \mu_*(B) &= \sup \{ \mu(A) : A \subset B, A \in \mathcal{A} \} \geq \\ &\geq \sup \{ \mu(R) : R \subset B, R \in \mathcal{R} \} = \\ &= \sup \{ \nu(R) : R \subset B, R \in \mathcal{R} \} = \nu(B), \end{aligned}$$

но $\mu_*(B) \leq \nu(B)$. Значит, $\mu_*(B) = \nu(B)$. С другой стороны,

$$\begin{aligned} \mu^*(B) &= \inf \{ \mu(A) : A \supset B, A \in \mathcal{A} \} \leq \\ &\leq \inf \{ \mu(\bar{R}) : \bar{R} \supset B, R \in \mathcal{R} \} = \\ &= \inf \{ \nu(\bar{R}) : \bar{R} \supset B, R \in \mathcal{R} \} = \nu(B), \end{aligned}$$

но $\mu^*(B) \geq \nu(B)$. Значит, $\mu^*(B) = \nu(B)$, то есть $\mu_*(B) = \nu(B) = \mu^*(B)$.

В силу теоремы 3.1 из [3] мера ν является единственным продолжением μ на алгебру B .

Пусть теперь мера ν является единственным продолжением μ на алгебру B и D - алгебра, порожденная алгеброй A и некоторым элементом $B \in \mathcal{B}$. Поскольку ν - единственное продолжение μ на B , сужение меры ν на D совпадает с мерой (см. доказательство предыдущей теоремы) λ , определенной на D как

$$\lambda(D) = \mu^*(B \cap D) + \mu_*(D \cap \bar{B})$$

для всякого $D \in \mathcal{B}$.

Для $\varepsilon > 0$ выберем такое $A \in \mathcal{A}$, $A \supset B$, что $\mu(A) \leq \mu^*(B) + \varepsilon/2$. Тогда

$$\begin{aligned} \lambda(A \setminus B) &= \mu^*((A \setminus B) \cap B) + \mu_*((A \setminus B) \cap \bar{B}) = \\ &= \mu_*(A \setminus B) = \mu(A) - \mu^*(B) \leq \varepsilon/2. \end{aligned}$$

Поскольку мера μ является R -регулярной, то для $\varepsilon > 0$ найдется такое $\bar{R} \supset A$, $R \in \mathcal{R}$, что $\mu(\bar{R} \setminus A) \leq \varepsilon/2$. Отсюда имеем:

$$\begin{aligned} \lambda(\bar{R} \setminus B) &\leq \lambda(A \setminus B) + \lambda(\bar{R} \setminus A) = \\ &= \lambda(A \setminus B) + \mu(\bar{R} \setminus A) \leq \varepsilon, \end{aligned}$$

т.е. для каждого $\varepsilon > 0$ и каждого $B \in \mathcal{B}$ существует такое $\bar{R} \supset B$, $R \in \mathcal{R}$, что $\nu(\bar{R} \setminus B) = \lambda(\bar{R} \setminus B) \leq \varepsilon$. Значит, мера ν является $\mathcal{R}$ -регулярной, что и требовалось доказать.

Пусть снова $\mathcal{R} \subset \mathcal{P}(X)$, мера μ определена на алгебре $\mathcal{A} = \mathcal{A}(\mathcal{R})$ и $\mathcal{R}$ -регулярна. Рассмотрим множество $\mathcal{D}$ всех таких $D \subset X$, что $\sup\{\mu(R) : R \subset D, R \in \mathcal{R}\} = \inf\{\mu(\bar{R}) : \bar{R} \supset D, R \in \mathcal{R}\}$. В силу $\mathcal{R}$ -регулярности меры μ из последнего равенства следует, что $\mu^*(D) = \mu_*(D)$.

Следствие. Мера μ обладает единственным продолжением на $\mathcal{D}$ и если $\mathcal{F} \supset \mathcal{A}$ - алгебра, на которую мера μ может быть продолжена единственным образом, то $\mathcal{F} \subset \mathcal{D}$.

Л и т е р а т у р а

1. Adamski W. On extremal extensions of regular contents and measures // Proc. Amer. Math. Soc. – 1994. – V. 121. – P. 1159-1164.
2. Bachman G., Sultan A. On regular extensions of measures // Pacific J. Math. – 1980. – V. 86. – P. 398-395.
3. Barone, E., Bhaskara Rao K.P.S. On the Łoś-Marczewski extension of charges and its uniqueness // Contemp. Math. - 1989. - V.94. - P. 35-41.
4. Los J., Marczewski E. Extensions of measures // Fund. Math. – 1949. – V.36. – P. 267-276.
5. Plachky D. Extremal and monogenic additive set functions // Proc. Amer. Math. Soc. – 1976. – V.54. – P. 193-196.
6. Таращанский М.Т. О единственности продолжения регулярной меры // Укр. мат. журн. – 1989. – 41. – С. 372-377.

R e f e r e n c e s

1. Adamski W. On extremal extensions of regular contents and measures // Proc. Amer. Math. Soc. – 1994. – V. 121. – P. 1159-1164.
2. Bachman G., Sultan A. On regular extensions of measures // Pacific J. Math. – 1980. – V. 86. – P. 398-395.
3. Los J., Marczewski E. Extensions of measures // Fund. Math. – 1949. – V.36. – P. 267-276.
4. Plachky D. Extremal and monogenic additive set functions // Proc. Amer. Math. Soc. – 1976. – V.54. – P. 193-196.

5. Tarashchanskii, M.T. Uniqueness of extension of a regular measure // Ukr. Mat. Zhurn. – 1989. – 41. – P. 372-377.

Tarashchanskii M.T.

EXTREME EXTENSIONS OF REGULAR MEASURES

Let X be a non-empty set, $\mathcal{P}(X)$ be the set of all its subsets, $\mathcal{R} \subset \mathcal{P}(X)$ be some lattice of subsets and $\mathcal{A}(\mathcal{R})$ an algebra generated by the lattice $\mathcal{R}$. Let, further, μ be a measure, i.e. nonnegative, finite, finitely additive set function, defined on $\mathcal{A}(\mathcal{R})$. A measure is called $\mathcal{R}$ -regular if $\mu(A) = \sup\{\mu(R) : R \subset A, R \in \mathcal{R}\}$ for everyone $A \in \mathcal{A}(\mathcal{R})$. Let $\mathcal{F} \subset \mathcal{P}(X)$ one more lattice, such that $\mathcal{R} \subset \mathcal{F}$. We put $\mathcal{A} = \mathcal{A}(\mathcal{R})$, $\mathcal{B} = \mathcal{A}(\mathcal{F})$, and denote by $S_\mu^r(\mathcal{A}, \mathcal{B})$ the set of all $\mathcal{F}$ -regular extensions of a measure μ to an algebra $\mathcal{B}$. The symbol $exS_\mu^r(\mathcal{A}, \mathcal{B})$ will denote the set of all extreme points of the set $S_\mu^r(\mathcal{A}, \mathcal{B})$.

In this paper formulated and proved a criterion for whether a measure from $S_\mu^r(\mathcal{A}, \mathcal{B})$ is an element of $exS_\mu^r(\mathcal{A}, \mathcal{B})$, and necessary and sufficient conditions for uniqueness $\nu \in exS_\mu^r(\mathcal{A}, \mathcal{B})$ are given.

Key words: regular measure, extension of a measure, extremal points.

Таращанский Марк Танкумович, к.т.н., доцент, профессор кафедры «Прикладная математика» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», Луганск.
E-mail: mark.tarashchanskii@gmail.com

Tarashchanskii Mark Tankumovich, Cand.Sci(Tech.), Prof. in «Applied mathematics» of SEE HT LPR "Lugansk 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 15.09.2021

УДК 62.52

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ В ЗАДАЧЕ ПОСТРОЕНИЯ СТРУКТУРНЫХ МОДЕЛЕЙ МАНИПУЛЯЦИОННЫХ РОБОТОВ

Шульгин С.К., Юрков В.А., Балалаечников А.В.

THE USE OF CAD IN THE TASK OF CONSTRUCTING STRUCTURAL MODELS OF MANIPULATIVE ROBOTS

Shul'gin S.K., Yurkov V.A., Balalaechnikov A.V.

В статье рассматривается вопрос использования оригинальной системы автоматизированного проектирования структурных моделей манипуляционных роботов в задаче моделирования кинематики манипулятора промышленного робота.

Ключевые слова: манипулятор, САПР, кинематика, кинематическая пара.

Введение. Процесс проектирования механического устройства для выполнения желаемой задачи часто называют синтезом связей или механизмов. Проектирование связей часто рассматривается как творческий процесс и требует сочетания знаний, опыта и интуиции. По мере того как наука о синтезе механизмов развивалась в течение последних 100 лет, этот процесс становится все более рациональным.

Установление взаимосвязей, как правило, предпочтительнее в случаях промышленных роботов, связанных с повторяющимися движениями, из-за присущей им прочности конструкции и экономичности за счет меньшего количества приводов. В условиях функционирования промышленного робота достижение желаемой траектории движения осуществляется за счет приводов, работа которых синхронизируется с помощью программного управления. С другой стороны, в сочленениях вместо программного управления используются механические ограничения в виде жестких звеньев для управления относительным движением между различными звеньями. Это позволяет использовать меньшее количество приводов для получения желаемого движения, что часто оказывается более экономичным для специализированных задач.

Задача автоматизированного компьютерного проектирования манипуляторов промышленных роботов состоит в том, чтобы исключить интуицию из процесса проектирования, используя компьютер для быстрого поиска по всему пространству проектирования всех возможных решений и

представления их пользователю в самом пакете САПР.

Целью работы является исследование возможности использования оригинальной системы автоматизированного проектирования в задаче моделирования кинематики манипулятора промышленного робота. Пакет САПР кинематических моделей манипуляционных роботов [5] включает в себя файл **Kinematika.exe** – исполняемый файл, в котором непосредственно реализована САПР, файл инициализации **Kinematika.ini** – в нём сохраняются настройки программы, файл **Readme.txt** – текстовый файл, содержащий основные сведения о программе, папка **Examples**, содержащая файлы с примерами построенных структурных схем роботов. Система поставляется в виде инсталляционного пакета, созданного с помощью программы InstallShield Express фирмы InstallShield. Для автоматизированного моделирования структурной схемы манипулятора в САПР разработан редактор структурных схем, содержащий все возможные варианты элементов структуры. Пакет содержит классификатор элементов структуры манипулятора, предназначенный для построения структурных схем манипулятора и матрицу структурной схемы, представляющей собой специальный массив, предназначенный для хранения всей информации, необходимой для построения структурной схемы манипуляционного робота.

Основой классификатора являются четыре основных вида элементов структуры манипулятора:

- 1) стойки;
- 2) поступательные кинематические пары;
- 3) вращательные кинематические пары;
- 4) рабочие органы (схваты).

Классификатор включает в себя:

для первого вида – 30 вариантов построения кинематических пар, связанных со стойкой и самой стойкой;

для второго вида – 30 вариантов построения поступательных кинематических пар;

для третьего вида – 66 вариантов построения вращательных кинематических пар;

для четвёртого вида – 6 вариантов ориентации рабочих органов робота (схватов).

Каждому элементу присвоен код, который указан в левом верхнем углу каждого элемента классификатора.

Матрица структурной схемы включает в себя: порядковый номер элемента структуры в структурной схеме МР;

код элемента структуры;

ход связи по входу (для стоек $INP=«G»$);

код связи по выходу (для схватов $OUTP=«S»$);

ось кинематической пары, связанной с данным элементом (если элемент представляет собой стойку или рабочий орган, то $Axis=«-»$);

номер входящего звена;

номер выходящего звена;

координаты центра элемента структуры на экране соответственно по осям X и Y.

Таким образом, моделирование структурной схемы манипулятора с помощью разработанного классификатора элементов структуры и предложенной матрицы структурной схемы в рассматриваемом пакете САПР осуществляется согласно приведенному ниже алгоритму (рис.1).

В качестве примера рассмотрим процесс моделирования структурной схемы манипулятора промышленного робота Mitsubishi Electric RV-2SDB [6], включающий в себя следующие этапы:

1) Создаём новый документ. Для этого необходимо выбрать пункт меню «Файл | Создать структурную схему» или нажать на кнопку  в панели инструментов.

2) Вызываем окно выбора стойки, выбрав пункт меню «Структура | Стойки...» (кнопка ).

3) В появившемся окне с помощью мышки выбираем необходимую конфигурацию стойки. Для этого достаточно навести указатель на интересующий элемент и щёлкнуть левой клавишей мышки.

4) После выбора стойки указатель мышки принимает вид . Сейчас необходимо расположить её в рабочем поле программы. Для этого достаточно щёлкнуть левой клавишей мышки в том месте, где должна расположиться стойка.

5) Далее к структурной схеме добавляем необходимое количество поступательных (меню «Структура | Поступательные кинематические пары...» или кнопка ) или вращательных (меню «Структура | Вращательные кинематические пары...» или кнопка ) кинематических пар. Выбор кинематической пары аналогичен выбору

стойки, однако здесь нет необходимости выбирать её расположение в рабочем пространстве. САПР автоматически определяет координаты добавляемого элемента, анализируя направление выхода предыдущего элемента структуры.

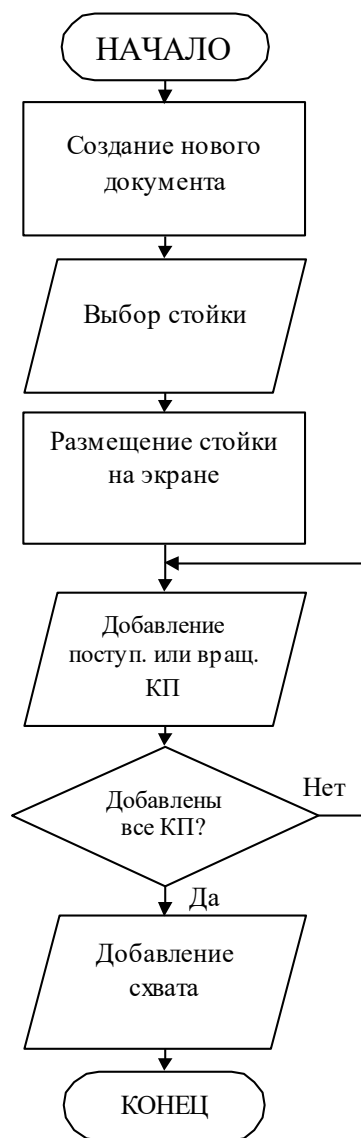


Рис. 1. Блок-схема алгоритма построения структурной схемы МР

6) После добавления необходимого числа кинематических пар к структурной схеме добавляется схват. Для этого необходимо выбрать пункт меню «Структура | Рабочий орган» (кнопка ). Ориентацию схвата система также определяет автоматически.

В результате проделанных операций на экране получаем структурную схему МР (рис.2), для которой можно строить кинематическую модель.

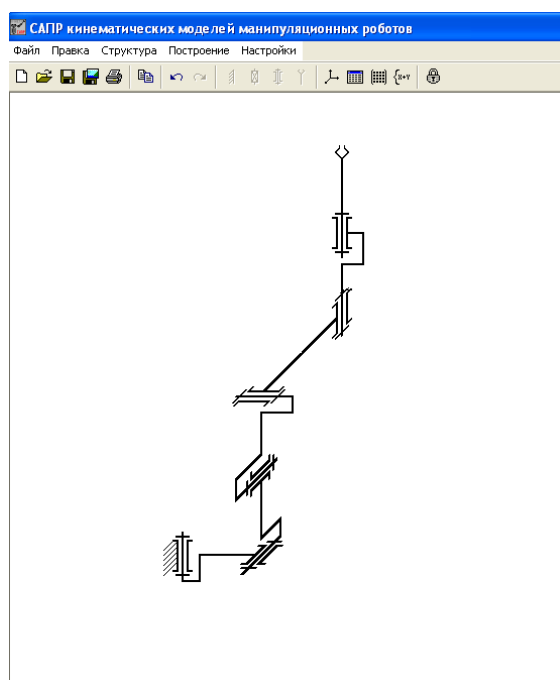


Рис. 2. Структурная схема робота

Удалить ошибочно добавленный элемент структуры можно, нажав кнопку  (или выбрав пункт меню «Правка | Удалить последний введенный элемент»). Отменить удаление можно кнопкой  (пункт меню «Правка | Восстановить удаленный элемент»).

После того как в структурную схему добавлен рабочий орган, активизируются кнопки и пункты меню, соответствующие построению систем координат, таблицы параметров, матриц преобразования координат и системы уравнений (кнопки , , , ). Выбрав соответствующий пункт меню или нажав соответствующую кнопку, можно получить необходимые данные. Пример структурной схемы робота с построенными системами координат приведен на рис. 3.

Таблица параметров, матрица преобразования координат и система уравнений для данной структурной схемы приведены соответственно на рис. 4-6.

Система позволяет сохранять на диске данные о построенной структурной схеме (кнопка ),

сохранять (кнопка ), копировать в буфер обмена (кнопка ), и распечатывать (кнопка ) изображение структурной схемы робота, а также сохранять и распечатывать рассчитанные таблицы параметров, матрицы преобразования координат и систему уравнений.

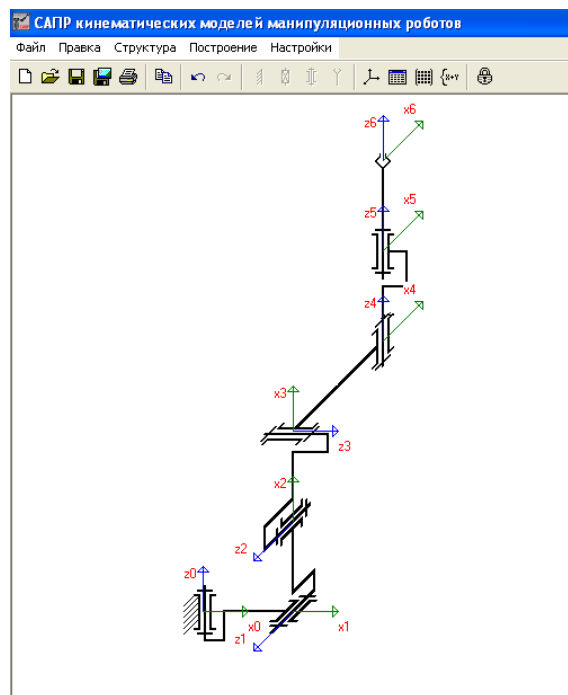


Рис. 3. Структурная схема с наложенными системами координат

Для открытия сохранённой структурной схемы используется кнопка  (или соответствующий пункт меню).

Кроме того, система позволяет настраивать интерфейс программы: наличие/отсутствие панели инструментов и строки состояния, настройка цветов осей координат и текстовых надписей на структурной схеме робота. Все внесённые изменения сохраняются в файле инициализации программы. Для восстановления настроек, используемых по умолчанию, необходимо удалить из папки запуска программы файл **Kinematika.ini**.

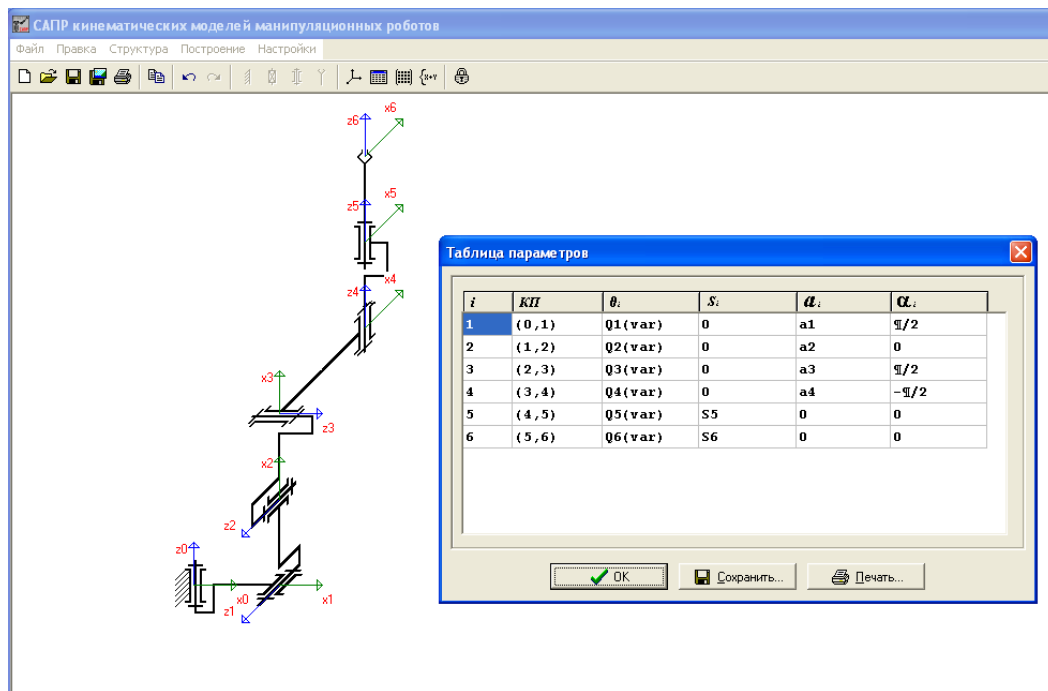


Рис. 4. Таблица параметров

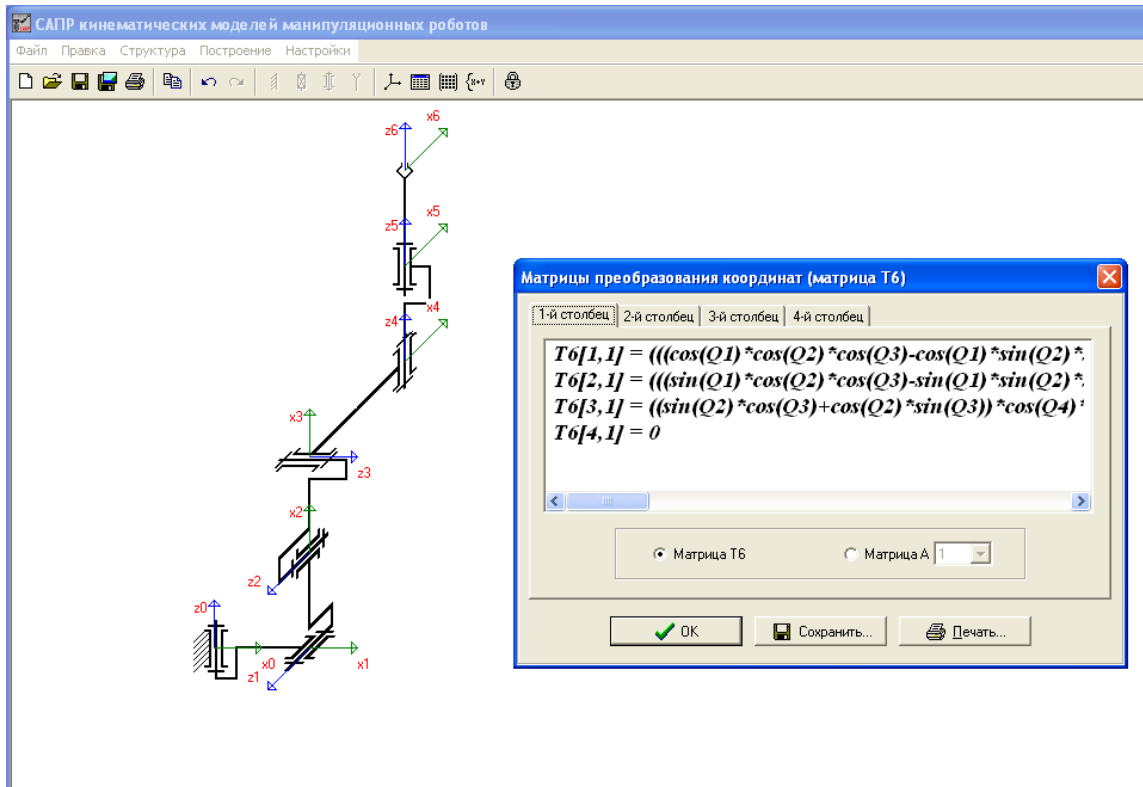


Рис.5. Матрица преобразования координат

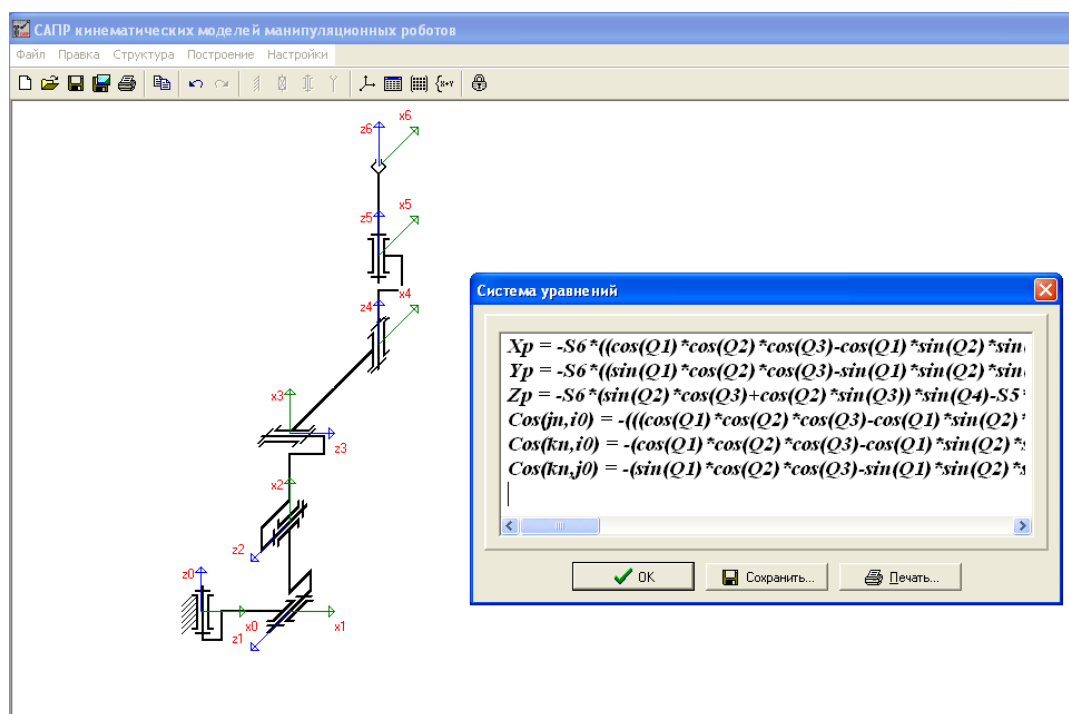


Рис. 6. Система уравнений

Выводы. Применение систем автоматизированного проектирования кинематических моделей манипуляционных роботов позволяет автоматизировать процесс моделирования кинематики манипуляционных роботов. Использование САПР моделей кинематики манипуляционных роботов позволило:

- создавать графическое изображение модели манипулятора промышленного робота в виде схемы произвольной структуры;
- производить автоматически анализ схемы;
- отображать системы координат на графическом изображении структурной схемы манипуляционного робота;
- формировать таблицу преобразования параметров преобразования манипуляционного робота;
- реализовывать кинематическую модель манипуляционного робота в виде системы нелинейных уравнений;
- сохранять данные о построенной структуре;
- сохранять и распечатывать изображение структурной схемы, таблицу параметров, матрицы преобразования координат и систему уравнений.

Литература

1. 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, [1] с.: ил.; 22 см.;
2. Фокс А., Пратт М. Вычислительная геометрия. Применение в проектировании и на производстве. – М.: Мир, 1982 – 304 с.

3. Пол Р. Моделирование, планирование траектории и управление движением робота-манипулятора. – М.: Наука. 1976. – 103 с.

4. Механика промышленных роботов. Кн.1: Кинематика и динамика / Е.И. Воробьев, С.А. Попов, Г.И. Шевелёва: Под редакцией К.В. Фролова, В.И. Воробьева. – М.: Высш. шк., 1988. – 304 с.

5. Пономаренко С.С. Система автоматизированного проектирования структурных моделей манипуляционных роботов / С.С. Пономаренко, С.К. Шульгин // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2008. – №9(21) – Часть 1. – С.180-184

6. RV-2SDB/RV-2SQB Series [Электронный ресурс]: Mitsubishi industrial robot / Режим доступа: URL: <https://us.mitsubishielectric.com/fa/en/support/technical-support/knowledge-base/getdocument/?docid=3E26SJWH3ZZR-38-1447>, свободный – (дата обращения 5.10.2021).

7. Denavit J., Hartenberg R.S. Kinematic Notation for lower Pair Mechanisms Based on Matrices. - Journal of Applied. Mechanics, vol. 22, Trans. ASME, vol. 77, series E., 1955. P. 215-221.

8. Механика промышленных роботов. Кн.1: Кинематика и динамика / Е.И. Воробьев, С.А. Попов, Г.И. Шевелёва: Под редакцией К.В. Фролова, В.И. Воробьева. – М.: Высш. шк., 1988. – 304 с.

9. Шахинпур М. Курс робототехники. – М.: Мир, 1990. – 527 с.

References

1. Fu, Kinsan. Robototekhnika / K. Fu, R. Gonsales, K. Li; Perevod s angl. A. A. Sorokina i dr.; Pod red. V. G. Gradeckogo. - M.: Mir, 1989. - 620, [1] s.: il.; 22 sm.;
2. Foks A., Pratt M. Vychislitel'naja geometrija. Primenenie v proektirovanii i na proizvodstve. - M: Mir, 1982 – 304 s.

3. Pol R. Modelirovanie, planirovanie traektorii i upravlenie dvizheniem robota-manipuljatora. - M: Nauka.1976. – 103 s.

4. Mehanika promyshlennyh robotov. Kn.1: Kinematika i dinamika / E.I. Vorob'jov, S.A. Popov, G.I. Sheveljova: Pod redakciej K.V. Frolova, V.I. Vorob'jova. - M.: Vyssh. shk., 1988. – 304 s.

5. Ponomarenko S.S. Sistema avtomatizirovannogo proektirovanija strukturnyh modelej manipuljacionnyh robotov / S.S. Ponomarenko, S.K. Shul'gin // Visnik Shidnoukraïns'kogo nacional'nogo universitetu imeni Volodimira Dalja. – 2008. - №9(21), Chast' 1. – S.180-184

6. RV-2SDB/RV-2SQB Series [Jelektronnyj resurs]: Mitsubishi industrial robot / Rezhim dostupa: URL: <https://us.mitsubishielectric.com/fa/en/support/technical-support/knowledge-base/getdocument/?docid=3E26SJWH3ZZR-38-1447>, svobodnyj – (data obrashhenija 5.10.2021)

7. Denavit J., Hartenberg R.S. Kinematic Notation for lower Pair Mechanisms Based on Matrices. - Journal of Applied. Mechanics, vol. 22, Trans. ASME, vol. 77, series E., 1955. P. 215-221.

8. Mehanika promyshlennyh robotov. Kn.1: Kinematika i dinamika / E.I. Vorob'jov, S.A. Popov, G.I. Sheveljova: Pod redakciej K.V. Frolova, V.I. Vorob'jova. - M.: Vyssh. shk., 1988. – 304 s.

9. Shahinpur M. Kurs robototekhniki. - M.: Mir, 1990. – 527 s.

**Shul'gin S.K., Yurkov V.A., Balalaechnikov A.V.
THE USE OF CAD IN THE TASK OF CONSTRUCTING
STRUCTURAL MODELS OF MANIPULATIVE
ROBOTS**

The article discusses the use of the original computer-aided design system for structural models of manipulative robots in the task of modeling the kinematics of an industrial robot manipulator

Key words: manipulator, CAD, kinematics, kinematic pair

Шульгин Сергей Константинович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные и управляющие системы» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».
E-mail: shusek@mail.ru

Shul'gin Sergey Konstantinovich, Candidate of Sciences, a docent of the Chair «Information and Control Systems», SEE HT LPR "Lugansk Vladimir Dahl State University".

Юрков Владимир Александрович, старший преподаватель кафедры «Информационные и управляющие системы» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».
E-mail: racoon-mail@mail.ru.

Yurkov Vladimir Alexandrovich, a senior lecturer of the Chair «Information and Control Systems», State Educational Establishment of Higher Education «Lugansk Vladimir Dahl State University», racoon-mail@mail.ru.

Балалаечников Александр Валерьевич, старший преподаватель кафедры «Информационные и управляющие системы» ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».
E-mail: mydestinysoul@gmail.com

Balalaechnikov Aleksandr Valer'evich, a senior lecturer of the Chair «Information and Control Systems», SEE HT LPR "Lugansk Vladimir Dahl State University".

Рецензент: Витренко Владимир Алексеевна, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой "Технология машиностроения и инженерного консалтинга" ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», Луганск.

Статья подана 15.09.2021

УДК 316.61:159.923

ПОНЯТИЕ «САМОРЕГУЛЯЦИЯ ЛИЧНОСТИ» И ЕЕ РОЛЬ В ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СПЕЦИАЛИСТА В СФЕРЕ АДАПТИВНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ

Яковлева Е.В., Прихода И.В.

THE CONCEPT OF "SELF-REGULATION OF THE PERSONALITY" AND ITS ROLE IN THE PROFESSIONAL ACTIVITY OF A SPECIALIST IN THE SPHERE OF ADAPTIVE PHYSICAL CULTURE

Yakovleva E.V., Prikhoda I.V.

Проанализирован феномен саморегуляции профессионального поведения как феномен, связанный с воспитанием личности, который имеет своей целью формирование навыков продуктивного поведения будущего специалиста в сфере адаптивной физической культуры.

В центре проявлений саморегуляции личности – система «Я», формируется под влиянием жизненных впечатлений и воспитания как центр самосознания. Будучи элементом психологической структуры личности, «Я» выступает как установка по отношению к самому себе и включает следующие компоненты: когнитивный – представление о «Я» реальном и «Я» идеальном; эмоциональный – самоуважение (самоуничижение); оценочно-волевой – стремление повысить самооценку, завоевать авторитет, уважение.

В выработке нравственной культуры, мужества, в формировании эрудиции и в умении управлять людьми значимую роль играют методы и приемы самовоспитания: самоприказ, самовнушение, самоодобрение, самокоррекция, самостимулирование, мышечная релаксация и другие.

Ключевые слова: адаптивная физическая культура, личность, поведение, саморегуляция, аутогенная тренировка, качества личности, самоприказ, самовнушение, самоуважение.

Введение. Анализ общих закономерностей саморегуляции индивида позволил установить, что они зависят также от особенностей нервной деятельности, от личностных качеств и от его привычек в организации действий, сформированных в процессе воспитания и образования.

По выражению академика И. П. Павлова, человек – это система, которая сама себя регулирует, исправляет и даже совершенствует. Психическая саморегуляция осуществляется в сочетании ее энергетических, динамических и социально-содержательных аспектов. Человек не автоматически переключается с одной деятельности на другую, а сознательно с учетом социальной

ситуации, важности выполняемых операций, возможных результатов своих поступков и тому подобное. Она имеет возможность выбора, и в этом заключается его свобода воли. Как сознательный индивид личность несет ответственность за последствия совершенных выборов и совершенных действий.

Разработкой проблемы саморегуляции поведения личности занимались ученые, исследовавшие:

- отдельные проявления саморегуляции в различных видах деятельности – А.А. Конопкин, А.К. Осницкий, И.А. Трофимова, М.В. Томилова и др.;
- проблему саморегуляции в исследованиях рефлексии – И.Д. Бех, В.В. Давыдов, А.З. Зак, Б.В. Зейгарник, К.Н. Поливанова и др.;
- моральный поступок как основа саморегуляции – И. Д. Бех, М. В. Савчин, С. Л. Рубинштейн, В. А. Татенко, В. А. Ядов, П. Якобсон и др.;
- волевую регуляцию личности – Л.С. Выготский, А.И. Высоцкий, В.А. Иванников, В.К. Калинин, В.К. Котырло, С.Л. Рубинштейн, В.И. Селиванов и др. [7; 14].

Личность как самоуправляемая система может осуществлять:

- контроль за деятельностью посредством сравнения намеченной программы и предпринятых действий;
- согласование побуждений, переключение психической активности, координацию действий;
- санкционирование – вызов или задержку процессов (действий, поступков)
- усиление или ослабление активности (ускорение или замедление психической деятельности) [9].

Чем сложнее осуществляемая психическая деятельность, тем больше препятствий на пути к цели, тем больше волевое усилие нужно человеку,

особенно если он устал, испытывает внутреннюю слабость. Таким образом, усилие выступает как важное проявление волевой саморегуляции личности, в частности будущих специалистов в сфере адаптивной физической культуры.

Изложение основных материалов. В центре проявлений саморегуляции личности – система «Я», формируется под влиянием жизненных впечатлений и воспитания как центр самосознания. Будучи элементом психологической структуры личности, «Я» выступает как установка по отношению к самому себе и включает следующие компоненты:

- когнитивный – представление о «Я» реальном и «Я» идеальном;
- эмоциональный – самоуважение (самоуничижение) и т.д.;
- оценочно-волевой – стремление повысить самооценку, завоевать авторитет, уважение [11].

Самоуправления личности может быть оперативным (повседневным) и перспективным, обусловленным отдаленной целью.

В зависимости от целей, которые ставит перед собой личность, моральных качеств и особенностей волевой саморегуляции выделяют 4 типа самоуправления: морально-волевой, аморально-волевой, абулический (слабый), импульсивный.

Наибольшую ценность для общества составляет морально-волевой тип, волевая саморегуляция которого направлена на достижение общественно значимых целей, отвечающих высоким нравственным нормам.

Изучается эмоциональная саморегуляция как фактор гуманизации и оптимизации развития личности студента (И. Вейнгольд-Рыбкина) и развитие способности к психической саморегуляции у подростков с помощью метода аутогенной тренировки (Т.Ю. Герасимова). Актуальными являются исследования саморегуляции будущих специалистов в сфере адаптивной физической культуры [14].

В основе саморегуляции лежит управление процессами восприятия, внимания, воображения, мышления, памяти, речи на уровне контроля эмоций и действий. Реализация и закрепление упомянутых видов саморегуляции находит свое выражение в поступках, действиях и отношениях в профессиональной среде, иначе говоря, в поведении индивидуума, которое представляет собой образ жизни и действий личности в тех или иных жизненных обстоятельствах [12].

Звеном целостного процесса самосознания является саморегуляция личностью сложных психических актов, собственного поведения. Под саморегуляцией в структуре самосознания в узком смысле подразумевается такая форма саморегуляции поведения, которая предусматривает момент включенности в нее результатов самопознания и эмоционально-ценностного отношения к себе, причем эта включенность актуализирована на всех этапах осуществления

поведенческого акта, начиная от мотивирующих компонентов и заканчивая собственной оценкой достигнутого эффекта поведения [5; 6].

Феномен «саморегуляция» стал предметом пристального внимания многих исследователей, среди них – А. А. Конопкин, который рассматривает осознанную саморегуляцию как «... системно организованный процесс внутренней психической активности человека по инициации, построения, управления, поддержание различными видами и формами произвольной активности, непосредственно принятыми человеком целями» [7, с. 124].

В функциональном плане в саморегуляции поведения можно выделить временные границы или временные факторы, определяющие 2 основных типа саморегуляции поведения:

- Первый тип (тактический) – это саморегуляция, которая имеет четкие временные границы своего осуществления: предполагает управление поведением в течение короткого промежутка времени в конкретных ситуациях деятельности или общения и обусловлена конкретным поведенческим актом, действием или вербальными проявлениями.

- Второй тип (стратегический) – это саморегуляция поведения в течение длительного времени; она связана с планированием личностью целенаправленных изменений в самой себе. Эта форма базируется на опыте самопознания механизмов овладения своими внутренними резервами, направленных на наиболее полную реализацию себя, а также обеспечивает подчинение мотивов в течение всей жизни, построение иерархии мотивов и разрешение конфликтов между индивидуальными и социальными мотивами и мотивами духовными, индивидуальными в пользу последних.

Проведенный анализ психологических исследований данного компонента самосознания позволяет выделить различные механизмы саморегуляции. Данный вопрос был источником исследования многих ученых.

А. С. Белых отмечает, что возникновение и формирование регулятивных механизмов саморегуляции субъекта связано с особенностями мировоззрения и поведения [2].

М. И. Боришевский считал, что механизмы саморегуляции могут базироваться на следующих структурных компонентах:

- самооценка – результат мыслительных операций (сравнения, анализа и синтеза), в котором постоянно присутствует эмоциональный компонент (субъективное переживание); притязания личности – их основная функция заключается в коррекции принятых целей, задач; социально-психологическое ожидание (ожидаемая оценка), которая выполняет функцию посредника между самосознанием личности и ее социальным окружением в процессе саморегуляции поведения;

• образ «Я» – как результат самопознания; как главная цель жизнедеятельности личности; как психологическое образование, которое обеспечивает главную функцию саморегуляции – функцию целеполагания; как обобщенный, глобальный механизм саморегуляции на личностном уровне.

Подытоживая сказанное, можно утверждать, что саморегуляция поведения является интегративным свойством личности, которое объединяет в себе интеллектуальные, мотивационные, волевые, эмоциональные сферы личности. В общем можно констатировать, что саморегуляция – это единство социальных и психологических проявлений сознания и самосознания личности.

Самоприказ – это короткое, отрывистое распоряжение, сделанное самому себе: «Разговаривать спокойно!», «Сдерживать эмоции». Важно обучать сдерживать эмоции, вести себя достойно, соблюдать требования этики [3].

Применяется самоприказ, когда человек уже убедил себя, что надо вести себя определенным образом. Он ясно видит свои недостатки, но никак не может заставить себя выполнять намеченный план действий. В этот момент и появляется необходимость в приказной форме решительно потребовать от себя необходимого действия. В следующий раз выполнить такое действие будет легче, а в дальнейшем оно станет привычкой. Если самоприказ не помогает, необходимо повторить его несколько раз. Если это возможно, повторить его вслух.

Самовнушение помогает вести себя, не выходя за рамки принятых в данном обществе правил культурного поведения, владеть собой в самых трудных ситуациях. Оно может быть применено в самовоспитании любых качеств личности [8]. В течение нескольких недель, а иногда и месяцев с целью изменения поведения в необходимую сторону много раз в день произносится заранее подготовленная фраза: «Я ни при каких обстоятельствах не буду повышать голос!», «Я буду слушать собеседника, не перебивая, как бы трудно мне не было!», «Меня не выведут из себя никакие замечания окружающих». Делается это повторение заученных формул до тех пор, пока уверенность не становится непоколебимой, не оставляя ни тени сомнений в возможности справиться с собой, вести себя в соответствии с самовнушением.

Ученые доказывают, что, многократно повторяя: «Я не чувствую боли», можно избавиться от болезненных ощущений. И, наоборот, можно внушить себе ощущение боли, причем даже не произнося каких-либо формул.

Неприятные эмоции, сопровождающие боли, исчезают при переключении внимания. Люди заметили давно, что мысли о боли многократно ее увеличивают. Еще Л. Сенека писал: «Боль легко перенести, если не увеличивать ее мыслями о ней; если, наоборот, подбадривать себя, говоря: это

ничего, или, по крайней мере, это не беда, нужно уметь терпеть, это скоро пройдет, – то боль становится легкой постольку, поскольку человек себя в этом убедит».

Самовнушение или увлечение каким-то делом создает в мозгу зону возбуждения, став доминантным тормозит другие зоны мозга, в том числе и те, которые вызывают ощущение боли.

Академик Кассирских говорил студентам: «Когда вы даёте аспирин — это лекарство. А когда я даю лекарства — это самое сильное исцеляющее средство, так как это лекарство плюс мой авторитет. На этом принципе основано применение плацебо, которое авторитетный врач называет «новым сильнодействующим лекарством». Самовнушение особенно эффективно при нескольких заторможенном состоянии коры головного мозга. Именно поэтому оно легче осуществляется в полусонном состоянии или при искусственном расслаблении (релаксации). Его хорошо проводить перед сном или сразу после пробуждения, еще не вставая с постели. Оно особенно эффективно в процессе аутогенной тренировки. Эффективность самовнушения увеличивается, когда начинающий самовоспитание узнает о случаях его успешного применения.

Трудно переоценить умение контролировать свои действия и поступки, осуществлять самоуправляемое поведения. Самокоррекция дает возможность корректировать разгар страстей, приучает держать себя в руках, быстро успокаиваться в сложных ситуациях. История чрезвычайно богата примерами самокоррекции, помогающей выдающемуся человеку четко выполнять намеченную жизненную программу.

Самокоррекция позволяет превращать хаос негативных мыслей и чувств, которые разрушают жизненный потенциал, в гармоничную структуру. Если такое преобразование происходит сознательно, оно приводит к более эффективному использованию жизненной энергии личности [10].

Самовнушение (аутотренинг) – это обращение к самому себе для того, чтобы укрепить веру в себя, уговорить не волноваться, поверить в успех подготовки к службе в армии и др.

Самоубеждение – это умение убедить себя в способности регулировать свои настроения, чувства, поступки, это дискуссия с самим собой, регулирования эмоций.

Если все-таки контроль над чувствами не удался, срыв произошел, обстановка чрезвычайная и необходимо успокоиться, взять себя в руки, лучшее средство успокоиться – движение. Очень хорошо молча и задумчиво пройти по кабинету, делая, скажем, на два шага вдох и на пять шагов выдох, ведя счет шагов в уме. Движение, дыхание, счет шагов в уме быстро отвлекают руководителя от ситуации, успокаивают.

В саморегуляции большую роль играет рефлексия. Сначала необходимо

интенсифицировать самосознание. Это позволяет выявить несовместимость своих принципов, мыслей, поступков и сравнительно легко наметить пути закрепления новых элементов поведения. При этом надо иметь в виду, что чем выше интеллект человека, чем точнее самосознание, тем эффективнее функционирует саморегуляция [1].

Классификация основных групп средств саморегуляции, их характеристика.

Среди важнейших средств саморегуляции можно выделить следующие:

- доброжелательность, оптимизм, юмор;
- контроль своего поведения (регуляция мышечного напряжения, темпа движения, речи, дыхания), эмоциональной сферы;
- разрядка в деятельности (трудотерапия, музыкальная терапия, библиотерапия и т.д.);
- самовнушение.

Важно обучать управлять негативными эмоциями. Это необходимо в процессе работы с людьми с особенными потребностями, также в профессии специалиста в сфере адаптивной физической культуры они не редкость. Если негативные эмоции все время тормозить, могут развиваться неврозы и другие заболевания. Поэтому необходимо дать разрядку отрицательным эмоциям посредством образования очагов защитного возбуждения, например, с помощью музыки (классической: Чайковский, Моцарт). Этот же механизм лежит в основе библиотерапии, то есть чтения любимых книг. Можно воспользоваться и трудотерапией, занятиями спортом, танцами.

Любимые занятия помогают специалистам в сфере адаптивной физической культуры, как и другим людям, снять напряжение и улучшить настроение [14].

Все средства саморегуляции можно разделить на группы: средства регуляции эмоциональной сферы. К ним можно отнести все вышеприведенные средства. Средства регуляции волевой сферы. Существует 2 возможных пути: прямой и косвенный. Прямой – обращение к собственному чувству долга (самоприказ, ответственность: я должен, я должен это сделать) – это очень сложный путь, так как связан с силой воли и воспитанием направленности личности в целом [13, с. 10–17].

Косвенный – осуществляется через контроль собственного физического состояния. Приемы: 1) регуляция мышечного напряжения; 2) контроль и регуляция дыхания (например, в начале урока справиться с волнением можно так: посмотреть на класс, трижды глубоко вдохнуть и выдохнуть, приветливо улыбнуться, а потом поздороваться); 3) изменение темпа речи, движений (ходьба по классу). Такие реакции называют психосоматическими. Они действуют как рефлекс, то есть приводят к обязательным, запрограммированным изменениям. Влияя на физическое состояние, вы вызываете определенные эмоциональные реакции.

Комплексная система регуляции – самовнушение. Достигается с помощью аутогенной тренировки (аутотренинга).

Аутогенная тренировка часто состоит из 2-х этапов: расслабление (вход в состояние релаксации) и самовнушение.

АТ – это ряд приемов, выполняемых в определенной последовательности:

1. Принять удобную позу, закрыть глаза и сосредоточиться на своем эмоциональном состоянии.

2. Сосредоточиться на лице.

3. Войти в состояние покоя за счет самомассажа (мысленно) кожи лица и кистей рук.

4. Расслабление мышц.

5. Регуляция дыхания. На фоне приобретенного состояния релаксации (расслабления) и происходит следующий шаг.

6. Самовнушение – формирование эмоциональных реакций оптимизма и жизнерадостности.

Для успешности самовнушения нужна систематическая работа. Во всех указанных приемах саморегуляции важной составляющей является психическое состояние, которое акцентируется на внимании и воображении (способность переключать внимание на эмоционально привлекательные объекты, способность видеть картины, которые хотим себе внушить).

Выводы. Рассмотрены проблемы формирования саморегуляции профессионального поведения у специалистов в сфере адаптивной физической культуры. Проанализированы особенности формирования навыков саморегуляции. Описаны особенности саморегуляции как многоуровневого феномена, который учитывает совокупности разнопорядковых качеств человека и влияет на его способности к саморегуляции. Саморегуляция может осуществляться при следующих условиях: когда индивид может адекватно отражать и моделировать сложившуюся ситуацию; превращать собственную внутреннюю и внешнюю активность в соответствии с моделью предложенной ситуации; преодолевать непосредственные побуждения ради достижения перспективной цели при наличии у индивида возможности выходить за пределы наличной ситуации.

Ученые выделяют такие существенные механизмы процесса саморегуляции: уровень притязаний, ценностные ориентации, локус контроля, мотивация одобрения, потребности в достижении успеха. Все психологические механизмы находятся в постоянном взаимодействии.

Особого внимания заслуживают выводы о том, что система саморегуляции формируется и развивается только в процессах общения, которое обеспечивает определенные формы активности и развития личности на разных возрастных этапах.

Саморегуляция представляет собой механизм развития субъектной активности, которая осуществляется с помощью системы личностных выборов, помогает реализовать личности все значимые для нее цели в практическом и в духовном аспекте.

В процессе обучения будущих специалистов в сфере адаптивной физической культуры важно использовать методы саморегуляции поведения. Очень непросто управлять чувствами студентов и обуздывать их, но и этому можно научиться.

Саморегуляция позволяет сдержанно относиться к другим людям и терпимо воспринимать их недостатки, вырабатывая умение не раздражаться в самых критических ситуациях.

В выработке нравственной культуры, мужества, в формировании эрудиции и в умении управлять людьми немалую роль играют методы и приемы самовоспитания: самоприказ, самовнушение, самоодобрение, самокоррекция, самостимулирование, мышечная релаксация и другие.

Литература

1. Белова И. Ю. Становление профессиональной компетентности специалистов адаптивной физической культуры в системе вузовского образования [Текст] : дис.... канд. пед. наук : 13.00.08 / Белова Ирина Юрьевна. – Чита, 2008. – 192 с.
2. Бельх А. С. Духовные основы формирования мировоззрения студенческой молодежи: дисс. ... докт. пед. наук. – Луганск, 2012. – 435 с.
3. Боришевский, М. И. Моральная саморегуляция поведения личности: понятийный аппарат / М.И. Боришевский. – М.: Знание, 1993. – 23 с.
4. Донцов И.А. Самовоспитание личности: философско-этические проблемы / И.А. Донцов. – М., 1984. – 285 с.
5. Зайверт Л. Ваше время в ваших руках. М. : Аст, Астрель, 2007. 129 с.
6. Зеер Э.Ф., Рудей О.А. Психология профессионального самоопределения в ранней юности. – М.: МПСИ / Воронеж: МОДЭК, 2008.
7. Конопкин О.А. Общая способность к саморегуляции как фактор субъектного развития / О.А. Конопкин // Вопросы психологии. – 2004. № 2. – С. 128–135.
8. Моросанова В. И. Саморегуляция и индивидуальность человека / Моросанова В. И. М.: Ин-т психологии РАН; Психологический институт РАО; Наука, 2010. – 519 с.
9. Маслоу А. Самоактуализация / А. Маслоу // Психология личности: Тексты. – М., 1982. – С. 108–117.
10. Орлов Ю.М. Самопознание и самовоспитание характера / Юрий Михайлович Орлов. – М., 1987. – 224с.
11. Пинт А. А. Самоисследование - ключ к высшему Я. Понимание себя. – М.: Ин-т психотерапии, 2001. – 256 с.
12. Полина Е. А. Проблема саморегуляции в педагогической деятельности // Academy. 2018 <https://cyberleninka.ru/article/n/problema-samoregulyatsii-v-peagogicheskoy-deyatelnosti/viewer>.
13. Свечение М. В. Ответственность: смысловой принцип мотивационной регуляции поведения личности / М.В. Свечение // Педагогика 62 и психология: Вестник АПН. – 2006. – №1. – С. 10–17.
14. Томилова М. В. Содержание и методы повышения квалификации специалистов по адаптивной физической культуре: дисс. ... канд. пед. наук. – СПб, 2014. – 193 с.

References

1. Belova I. Yu. Stanovlenie professionalnoy kompetentnosti spetsialistov adaptivnoy fizicheskoy kultury v sisteme vuzovskogo obrazovaniya [Tekst] : dis.... kand. ped. nauk : 13.00.08 / Belova Irina Yurevna. – Chita, 2008. – 192 p. (in Russian).
2. Belykh A. S. Dukhovnye osnovy formirovaniya mirovozzreniya studencheskoy molodezhi: diss. ... dokt. ped. nauk. – Lugansk, 2012. – 435 p. (in Russian).
3. Borishevskiy, M. I. Moralnaya samoregulyatsiya povedeniya lichnosti: ponyatiynyy apparat / M.I. Borishevskiy. – M.: Znanie, 1993. – 23 p. (in Russian).
4. Dontsov I. A. Samovospitanie lichnosti: filosofsko-eticheskie problemy / I. A. Dontsov. – M., 1984. – 285 p. (in Russian).
5. Zayvert L. Vashe vremya v vashikh rukakh. M. : Ast, Astrel, 2007. 129 p. (in Russian).
6. Zeer E. F., Rudey O.A. Psikhologiya professionalnogo samoopredeleniya v ranney yunosti. – M.: MPSI / Voronezh: MODEK, 2008. (in Russian).
7. Konopkin O. A. Obshchaya sposobnost k samoregulyatsii kak faktor subektnogo razvitiya / O. A. Konopkin // Voprosy psikhologii. – 2004. № 2. – P. 128-135. (in Russian).
8. Morosanova V. I. Samoregulyatsiya i individualnost cheloveka / Morosanova V. I. M.: In-t psikhologii RAN; Psikhologicheskii institut RAO; Nauka. 2010. – 519 p. (in Russian).
9. Maslou A. Samoaktualizatsiya / A. Maslou // Psikhologiya lichnosti: Teksty. – M., 1982. – P. 108-117. (in Russian).
10. Orlov Yu. M. Samopoznanie i samovospitanie kharaktera / Yuriy Mikhaylovich Orlov. – M., 1987. – 224p. (in Russian).
11. Pint A. A. Samoissledovanie - klyuch k vysshemu Ya. Ponimanie sebya. – M.: In-t psikhoterapii, 2001. – 256p. (in Russian).
12. Polina Ye. A. Problema samoregulyatsii v peagogicheskoy deyatelnosti // Academy. 2018 <https://cyberleninka.ru/article/n/problema-samoregulyatsii-v-peagogicheskoy-deyatelnosti/viewer> (in Russian).
13. Svechenie M.V. Otvetstvennost: smyslovoy printsip motivatsionnoy regulyatsii povedeniya lichnosti / M.V. Svechenie // Pedagogika 62 i psikhologiya: Vestnik APN. – 2006. – №1. – P. 10–17 (in Russian).
14. Tomilova M.V. Soderzhanie i metody povysheniya kvalifikatsii spetsialistov po adaptivnoy fizicheskoy kulture: diss. ... kand. ped. nauk. – SPb, 2014. – 193p. (in Russian).

Yakovleva YE. V., Prikhoda I. V.

THE CONCEPT OF "SELF-REGULATION OF THE PERSONALITY" AND ITS ROLE IN THE PROFESSIONAL ACTIVITY OF A SPECIALIST IN THE SPHERE OF ADAPTIVE PHYSICAL CULTURE

The phenomenon of self-regulation of professional behavior has been analyzed as a phenomenon associated with the upbringing of a personality, which aims to form the skills of productive behavior of a future specialist in the field of adaptive physical culture.

At the center of the manifestations of self-regulation of the personality is the "I" system, which is formed under the influence of life impressions and upbringing as a center of self-consciousness. Being an element of the psychological structure of the personality, the "I" is as an attitude towards oneself and includes the following components: cognitive - the idea of the "I" is real and the "I" is ideal; emotional - self-esteem (self-deprecation); evaluative-volitional - the desire to increase self-esteem, gain authority, respect.

Methods and techniques of self-education play a significant role in the development of moral culture, courage, in the formation of erudition and in the ability to manage people: self-suggestion, self-approval, self-correction, self-stimulation, muscle relaxation and others.

Key words: *adaptive physical culture, personality, behavior, self-regulation, autogenic training, personality qualities, self-expression, self-suggestion, self-esteem.*

Яковлева Екатерина Викторовна, кандидат биологических наук, доцент кафедры физической реабилитации, ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

E-mail: yakatyav@gmail.com

Yakovleva Yekaterina Viktorovna, candidate of biological Sciences, associate Professor of physical rehabilitation Department SEE HT LPR "Lugansk Vladimir Dahl State University".

Прихода Игорь Викторович, доктор педагогических наук, доцент, профессор кафедры индустриально-педагогической подготовки, ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

Prikhoda Igor Viktorovich, doctor of pedagogical sciences, associate professor, professor of the Department of industrial and pedagogical training, SEE HT LPR "Lugansk Vladimir Dahl State University".

Рецензент: Мечетный Юрий Николаевич, доктор медицинских наук, профессор, зав. кафедрой физической реабилитации, ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 25.10.2021 года

ТРЕБОВАНИЯ

к оформлению статей для публикации в
**«ВЕСТНИК ЛУГАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА
ИМЕНИ ВЛАДИМИРА ДАЛЯ»**
ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля»

ПУБЛИКАЦИЯ СТАТЕЙ

1. Документы и материалы собираются на кафедрах (факультетах/институтах), ответственных за сборник, затем передаются в издательство университета.
2. К публикации принимаются статьи, материалы которых соответствуют научному направлению сборника.
3. Статьи, не соответствующие научному направлению журнала или Требованиям к оформлению статей, редакцией не принимаются.
4. Для принятия решения о публикации статьи в журнале необходимо предоставить:

АВТОРЫ, которые не являются сотрудниками университета:

1. Рецензия (подписанная проф. или чл.ред.кол)
2. Сопроводительное письмо (с указанием, что статья ранее нигде не публиковалась) от организации, где работают авторы, и сведения об авторах статьи, рецензию (подписанная отделом кадров университета).
3. Заявка автора(ов)
4. Анкета автора(ов)
5. Проверка на антиплагиат (распечатка)
<https://xn----7sbbaar5acc1ard1a0beh.xn--p1ai/spravka-antiplagiat>
<https://text.ru/antiplagiat>
<https://content-watch.ru/text/>
<https://advego.com/antiplagiat/>

ДЛЯ СОТРУДНИКОВ УНИВЕРСИТЕТА:

1. Рецензия (подписанная проф. или чл.ред.кол)
2. Заявка автора(ов)
3. Анкета автора(ов)
4. Проверка на антиплагиат (распечатка)
<https://xn----7sbbaar5acc1ard1a0beh.xn--p1ai/spravka-antiplagiat>
<https://text.ru/antiplagiat>
<https://content-watch.ru/text/>
<https://advego.com/antiplagiat/>

– электронный вариант статьи (первая фамилия автора статьи):

Название файла статьи: <фамилия автора_город> например – Петров_Луганск.doc.

Название английского файла Petrov_Lugansk.doc.

Статья сохраняется в форматах *.doc, *.docx, *.rtf.

– рецензия *.doc, *.docx.

Внимание! Убедительная просьба, проверить получение редакцией материалов.

Внимание! Редакция оставляет за собой право возвращать статьи авторам на доработку в следующих случаях: правка ошибок после вычитки, статья небрежно оформлена и не соответствует требованиям редакции.

ДЛЯ ВЫЧИТКИ текст статьи распечатывают в соответствии требованиями:

- формат А4 (поля по 20 мм с каждой стороны);
- шрифт Times New Roman,
- размер –14 пт,
- межстрочное расстояние – 1,5 строки.
- четкая печать на лазерном или струйном принтере.

Статьи подаются в одном экземпляре, напечатанные на лазерном (струйном) принтере, с подписями всех авторов, **e-mail: izdat.lguv.dal@gmail.com**, а также предоставляются данные на английском языке (авторы статьи, заглавие статьи; наименование организации, ведомства, должность, электронный адрес автора); аннотация; ключевые слова; список литературы латиницей).

СТРУКТУРА СТАТЬИ

УДК

НАЗВАНИЕ СТАТЬИ (на языке текста)**Фамилии, инициалы авторов (на языке текста статьи)****НАЗВАНИЕ СТАТЬИ (на английском языке)****Фамилии, инициалы авторов (на английском языке)***Аннотация на языке статьи***Ключевые слова:**

Основной текст статьи, включающий следующие разделы:

Введение**Изложение основного материала****Результаты исследований****Выводы****Л и т е р а т у р а н а я з ы к е т е к с т а с т а т ь и****References латиницей****Фамилии, имя, отчество (ПОЛНОСТЬЮ), название статьи (на английском языке)***Аннотация (на английском языке)**Ключевые слова (на английском языке)***Сведения об авторах (на русском и английском языке), e-mail: (каждого автора)****Рецензент***Статья подана***ПРИМЕЧАНИЕ:****1. Место работы писать ПОЛНОСТЬЮ для сотрудников****ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».****State Educational Establishment of Higher Training of the Lugansk People's Republic "Lugansk Vladimir Dahl State University".****2. E-mail ОБЯЗАТЕЛЬНО** (если свою автор не указывает, то почту кафедры).**3. В сведениях об авторах статьи ФИО. указывать ПОЛНОСТЬЮ (на русском и английском языках).****4. Рецензент ФИО полностью ТОЛЬКО профессор или член ред. коллегии сборника (полное название места работы рецензента).****5. Распечатка на антиплагиат.**

ВЕСТНИК: НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
«ЛУГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени ВЛАДИМИРА ДАЛЯ»
№ 9 (51) 2021

Оригинал-макет

Коломиец-Кириллова Е.А.

Подписано к печати 1.02.2022.
Формат 60x84/8. Бумага офсетная. Гарнитура Times
Условных печатных стр. 41,06. Тираж 100 экз. Изд. № 01265.

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/>