

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

В Е С Т Н И К

**ЛУГАНСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА
имени ВЛАДИМИРА ДАЛЯ**

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

**№ 12 (78)
2023**

Научно-практическая конференция с международным участием
**«АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬСТВА, АРХИТЕКТУРЫ
И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА»**

14 декабря 2023 года

Луганск 2023

ВЕСТНИК

ЛУГАНСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА
ИМЕНИ ВЛАДИМИРА ДАЛЯ

№ 12 (78) 2023

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ОСНОВАН В 2015 ГОДУ
ВХОДИТ В БАЗУ
РИНЦ

ОСНОВАТЕЛЬ

ФГБОУ ВО

«ЛУГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ВЛАДИМИРА ДАЛЯ»

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

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

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

ISSN 2522-4905

Главная редакционная коллегия :

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

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

Ответственный за выпуск: Андрійчук Н.Д.

Рекомендовано в печать Ученым советом Луганского государственного университета имени Владимира Даля.
(Протокол № 1 от 13.09.2023 г.)

Материалы номера печатаются на языке оригинала.

VESTNIK

LUGANSK
VLADIMIR DAHL
STATE UNIVERSITY

№ 12 (78) 2023

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

FOUNDER

LSU NAMED AFTER V. DAHL

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

С О Д Е Р Ж А Н И Е

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОЛУЧЕНИЯ ГАЗООБРАЗНЫХ, ЖИДКИХ И ТВЕРДЫХ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ ИЗ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ ПРИМЕНЕНИЕМ ПИРОЛИЗНОЙ ТЕХНОЛОГИИ	
Андрійчук Н. Д., Пилавов М. В., Богатырёва Л. Ю. -----	11
ФАКТОРЫ ВЛИЯНИЯ НА ОБРАЗОВАНИЕ ТРЕЩИН В АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЯХ	
Бегей А. А., Рябинина М. М. -----	14
ГИДРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ ЛИТИЯ ИЗ ОТХОДОВ ЛИТИЙ- ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ	
Белецкий Я. О. -----	19
ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ ПЛАСТИКА ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЕГО В АСФАЛЬТОБЕТОННОМ ПОКРЫТИИ	
Белецкий Я. О., Сердюк А. И. -----	21
ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА СВОЙСТВА АСФАЛЬТОВЯЖУЩЕГО ВЕЩЕСТВА	
Бизирка И. И. -----	24
ВЛИЯНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ОСАДКЕ СТОЧНЫХ ВОД НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ ГРУНТОВ	
Бизирка И. И., Хвортова М. Ю. -----	27
ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ДЕФОРМИРОВАННОГО ПОЛИМЕРА В МАТЕМАТИЧЕСКОМ ВИДЕ	
Гапонов А. В. -----	30
ПОЛИМЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ПРОБЛЕМА ПЕРЕРАБОТКИ ИХ ОТХОДОВ	
Демьяненко Т. И. -----	33
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛЕЖАЛЫХ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД В СТРОИТЕЛЬСТВЕ В КАЧЕСТВЕ ИСКУССТВЕННЫХ ГРУНТОВ	
Дрозд Г. Я., Хвортова М. Ю., Бизирка И. И. -----	36
КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ФИЗИЧЕСКОЙ ДЕГРАДАЦИИ ПОЧВ ВСЛЕДСТВИЕ ВОЕННЫХ ДЕЙСТВИЙ В ЗОНЕ ПРОВЕДЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНОЙ ВОЕННОЙ ОПЕРАЦИИ	
Дрозд Г. Я. -----	42
КОМПЛЕКСНО-МОДИФИЦИРОВАННЫЕ АСФАЛЬТОПОЛИМЕРСЕРОБЕТОНЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО РЕМОНТА ПОКРЫТИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ	
Загородняя А. В. -----	51
ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ПО ПАРАМЕТРАМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ	
Засько В. В., Малыгина О. А. -----	56
ПРЕИМУЩЕСТВА ПРИМЕНЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗДАНИЙ В СОВРЕМЕННОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ	
Клинчаян А. В., Назарова А. М. -----	62

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ Копец К. К.-----	66
МНОГОЭТАЖНЫЙ ДВОР Лямцев В. Г. -----	68
ПРОБЛЕМЫ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ Мордвина Ю. В. -----	71
ФОРМИРОВАНИЕ ТРАНЗИТНЫХ ПРОСТРАНСТВ ПОСРЕДСТВОМ ЛАНДШАФТНОЙ АРХИТЕКТУРЫ Назарова А. М., Межеричский С. И., Лукьянова Т. И. -----	74
ФОТОМЕТРИЯ МОНОХРОМАТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ КВАНТОВОГО ВЫХОДА ФОТОЭЛЕКТРОНОВ Пилавов М. В., Черникова И. Д., Черников Н. Г. -----	78
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНО-ДОРОЖНЫХ МАШИН Ремень В. И., Квенцель А. Л. -----	82
ОСЕВОЕ ВРЕМЯ И АНТИЧНОЕ ЗОДЧЕСТВО: НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ Скорченко Ю. А. -----	87
ФЕНОМЕН СОЦИАЛЬНЫХ РЕМИНИСЦЕНЦИЙ В КОНТЕКСТЕ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ Салуквадзе И. Н., Скорченко Ю. А.-----	91
ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО РАСЧЕТУ ЦЕНТРАЛЬНО СЖАТЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СТЕРЖНЕЙ, ИМЕЮЩИХ ПОЛЯ НАЧАЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ Хвортова М. Ю.-----	95
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЕНТИЛЯТОРНЫХ УСТАНОВОК Черникова И. Д., Салуквадзе Г. В., Соколов В. И. -----	98
НАПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ РЕГИОНАЛЬНЫХ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ Черных А. В.-----	105
ОСОБЕННОСТИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ВОДОУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА НА ОСНОВЕ УГЛЕЙ ДОНБАССА Шворникова А. М. -----	108
АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИЛОВЫХ АГРЕГАТОВ ВОДОПРОВОДНЫХ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ Шевцова Т. Е. -----	113

ДРУГИЕ НАПРАВЛЕНИЯ НАУКИ**ИНСТРУМЕНТ И ОСОБЕННОСТИ НАКАТКИ ЗУБЬЕВ ТЯГОВЫХ
ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС ПОДВИЖНОГО СОСТАВА**

Витренко В. А., Стоянов А. А., Титова Л. Н., Шманева Е. В. -----117

**ПРИМЕНЕНИЕ БИБЛИОТЕКИ MATPLOTLIB ЯЗЫКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ
PYTHON ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ
ТЯГОВОГО ДВИГАТЕЛЯ ЭД-118**

Витренко С. Н. -----122

**УСЛОВИЯ УСПЕШНОГО ИЗУЧЕНИЯ ИНОСТРАННОГО ЯЗЫКА
В ВЫСШЕМ УЧЕБНОМ ЗАВЕДЕНИИ**

Воронцова Т. Ю. -----125

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ ПЛАЗМЕННО-МЕХАНИЧЕСКОЙ
ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ**

Гаврыш В. С. -----129

**ИНОСТРАННЫЙ ЯЗЫК КАК ИНСТРУМЕНТ ФОРМИРОВАНИЯ ЦЕННОСТНЫХ
ОРИЕНТАЦИЙ СТУДЕНТОВ-МЕЖДУНАРОДНИКОВ**

Гончарова С. В. -----133

**ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ
БОЕВОЙ ОДЕЖДЫ ПОЖАРНЫХ**

Дейнека И. Г., Родионова Н. Н., Ермоленко М. В. -----139

**ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ НАСТАВНИЧЕСТВА В КОНТЕКСТЕ МНОГОУРОВНЕВОЙ
ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ СРЕДНЕГО
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

Димитриев А. С. -----149

**ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ ГРАЖДАНСКО-ПАТРИОТИЧЕСКОГО ВОСПИТАНИЯ
СТУДЕНТОВ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ СРЕДНЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ИНТЕРНЕТ-ТЕХНОЛОГИЙ**

Димитриева О. А. -----153

**ОСНОВОПОЛАГАЮЩИЕ ПРИНЦИПЫ ГУМАНИЗАЦИИ ОБЩЕСТВА
И ИНТЕНСИФИКАЦИИ ЭКОНОМИКИ ПРОИЗВОДСТВА**

Линник В. С., Ильин В. Ю., Ильина Е. В., Канаева Л. Е. -----157

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО АППАРАТА ИСКУССТВЕННОГО
ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ИНТЕРПРЕТАЦИИ И ВАЛИДАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ
КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА**

Малахова В. В., Малахов О. В. -----162

**ОСОБЕННОСТИ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ С НАРУШЕНИЯМИ
ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА**

Мечетный Ю. Н., Скнарина Е. Ю. -----166

ОЦЕНКА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ГРАНУЛИРОВАННОЙ СРЕДЫ С ОБРАБАТЫВАЕМОЙ
ДЕТАЛЬЮ И ПАРАМЕТРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА СЪЁМ МЕТАЛЛА ПРИ ОТДЕЛОЧНО-
ЗАЧИСТНОЙ ВИБРООБРАБОТКЕ

Мицык В. Я., Покинтелица Н. И., Чесноков А. В. -----170

МИНИМИЗАЦИЯ АКТИВНЫХ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ГРУППАХ
НОМИНАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ
РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ НАПРЯЖЕНИЕМ 10(6) КВ
ГУП ЛНР «РСК» РОССИИ, ВЫЗВАННЫХ АНОРМАЛЬНЫМИ РЕЖИМАМИ РАБОТЫ

Парсентьев О. С. -----175

ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ В ЗАДАЧЕ АНАЛИЗА ПАРАМЕТРОВ
ВОДОУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА ВИХРЕТОКОВЫМ МЕТОДОМ

Сентяй Р. Н., Капустин Д. А., Гутько Ю. И., Швыров В. В. -----195

ПРИМЕНЕНИЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ БИОКОМПОЗИЦИОННЫЕ
МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ЛИГНИНА ДЛЯ СИНТЕЗА
ЛИТЕЙНЫХ СВЯЗУЮЩИХ

Свинороев Ю. А., Гутько Ю. И.-----201

ОЦЕНКА НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ КОНИЧЕСКОЙ КАМЕРЫ
С НАЛИЧИЕМ КОНЦЕНТРАТОРОВ НАПРЯЖЕНИЙ

Солодовник М. Д., Ясуник С. Н., Волков И. В., Кузнецова М. Н. -----207

ДООБУЧЕНИЕ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНИКИ
LORA ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ СТАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПРОГРАММНОГО КОДА

Швыров В. В., Капустин Д. А., Кущенко А. В., Сентяй Р. Н.-----210

CONTENTS

EFFICIENCY OF OBTAINING GASEOUS, LIQUID, AND SOLID ENERGY CARRIERS FROM ORGANIC WASTE Andriychuk N. D., Pilavov M. V., Bogatyreva L. Yu. -----	11
FACTORS INFLUENCING THE FORMATION OF CRACKS IN ASPHALT CONCRETE ROAD SURFACES Begei A. A., Ryabinina M. M. -----	14
HYDROMETALLURGICAL METHODS FOR PRODUCING LITHIUM FROM WASTE LITHIUM-ION BATTERIES Beletskiy Y. O. -----	19
RECYCLING PLASTIC WASTE FOR USE IN ASPHALT CONCRETE PAVEMENT Beletskiy Y. O., Serdyuk A. I. -----	21
INFLUENCE OF VARIOUS FINE FILLERS ON THE PROPERTIES OF ASPHALT BINDING SUBSTANCE Bizirka I. I. -----	24
THE EFFECT OF HEAVY METALS IN SEWAGE SLUDGE ON THE ECOLOGICAL STATE OF ARTIFICIAL SOILS Bizirka I. I., Khvortova M. Y. -----	27
REPRESENTATION OF A DEFORMED POLYMER IN A MATHEMATICAL FORM Gaponov A. V. -----	30
POLYMER MATERIALS AND THE PROBLEM OF PROCESSING THEIR WASTE Demyanenko T. I. -----	33
THE USE OF STALE SEWAGE SLUDGE IN CONSTRUCTION AS ARTIFICIAL SOILS Drozd G. Y., Khvortova M. Y., Bizirka I. I. -----	36
QUANTITATIVE ASSESSMENT OF PHYSICAL SOIL DEGRADATION DUE TO MILITARY ACTIONS IN THE ZONE OF A SPECIAL MILITARY OPERATION Drozd G. Ya. -----	42
COMPLEX-MODIFIED ASPHALT-POLYMER-SEROCONCRETES FOR CURRENT REPAIR OF HIGHWAY PAVEMENTS Zagorodnya A. V. -----	51
ORGANIZATION OF CONSTRUCTION CONTROL FOR PARAMETERS OF ENERGY EFFICIENCY Zasko V. V., Maligina O. A. -----	56
ADVANTAGES OF USING BUILDING INFORMATION MODELING IN MODERN DESIGN AND CONSTRUCTION Klinchayan A. V., Nazarova A. M. -----	62
WAYS TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF HEAT SUPPLY SYSTEMS Kopets K. -----	66

MULTI-STOREY COURTYARD Lyamtsev V. G. -----	68
PROBLEMS OF HOUSING AND COMMUNAL SERVICES IN THE MODERN WORLD Mordvina Yu. V. -----	71
FORMATION OF TRANSIT SPACES THROUGH LANDSCAPE ARCHITECTURE Nazarova A. M., Mezheritsky S. I., Lukyanova T. I. -----	74
PHOTOMETRY OF MONOCHROMATIC RADIATION FOR MEASURING THE QUANTUM YIELD OF PHOTOELECTRONS Pilavov M. V., Chernikova I. D., Chernikov N. G. -----	78
INCREASING THE EFFICIENCY OF THE COOLING SYSTEM OF THE ROAD-BUILDING MACHINES Remen V. I., Kventsel A. L. -----	82
AXIAL TIME AND ANCIENT ARCHITECTURE: SOME ASPECTS Skorchenko Yu. A. -----	87
THE PHENOMENON OF SOCIAL REMINISCES IN THE CONTEXT OF THE URBAN ENVIRONMENT Salukvadze I. N., Skorchenko Yu. A. -----	91
PROPOSALS FOR THE CALCULATION OF CENTRALLY COMPRESSED METAL RODS HAVING INITIAL STRESS FIELDS Khvortova M. Y. -----	95
PERFECTING STRUCTURAL ELEMENTS OF VENTILATION SYSTEMS FOR IMPROVING AERODYNAMIC CHARACTERISTICS OF VENTILATOR UNITS Chernikova I. D., Salukvadze G. V., Sokolov V. I. -----	98
DIRECTIONS OF ENERGY TECHNOLOGICAL PROCESSING OF REGIONAL COMBUSTIBLE MINERALS Chernykh A. V. -----	105
FEATURES OF WATER- COAL FUEL PREPARATION BASED ON DONBASS COALS Shvornikova A. M. -----	108
ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF POWER UNITS OF WATER PUMPING STATIONS Shevtsova T. E. -----	113

OTHER AREAS OF SCIENCE

INSTRUMENTS AND PECULIARITIES OF ROLLING STOCK TRACTION GEAR WHEELS TEETH KNURLING Vitrenko V. A., Stoyanov A. A., Titova L. N., Shmanyova E. V. -----	117
USING THE MATPLOTLIB LIBRARY OF THE PYTHON PROGRAMMING LANGUAGE TO CONSTRUCT THE ELECTROMECHANICAL CHARACTERISTICS OF THE ED-118 TRACTION MOTOR Vitrenko S. N. -----	122

CONDITIONS OF SUCCESSFUL LEARNING OF A FOREIGN LANGUAGE IN A HIGHER EDUCATIONAL INSTITUTION Vorontsova T. Y. -----	125
DETERMINATION OF RATIONAL MODES OF PLASMA MACHINING OF PARTS Gavrysh V. S. -----	129
FOREIGN LANGUAGE AS A TOOL FOR THE FORMATION OF VALUE ORIENTATIONS FOR STUDENTS MAJORING IN INTERNATIONAL RELATIONS Goncharova S. V. -----	133
APPLICATION OF DIGITAL TECHNOLOGIES IN DESIGN FIREFIGHTERS' COMBAT CLOTHING Deineka I. G., Rodionova N. N., Ermolenko M. V. -----	139
ORGANIZATION OF A MENTORING SYSTEM IN THE CONTEXT OF MULTI-LEVEL TRAINING OF TEACHING STAFF OF EDUCATIONAL ORGANIZATIONS OF SECONDARY VOCATIONAL EDUCATION Dimitriev A. S. -----	149
THE MAIN ASPECTS OF CIVIL AND PATRIOTIC EDUCATION OF STUDENTS OF EDUCATIONAL INSTITUTIONS OF SECONDARY VOCATIONAL EDUCATION WHEN USING INTERNET TECHNOLOGIES Dimitrieva O. A. -----	153
FUNDAMENTAL PRINCIPLES OF HUMANIZATION OF SOCIETY AND INTENSIFICATION OF THE ECONOMY OF PRODUCTION Linnik V. S., Ilin V. Y., Ilina E. V., Kanaeva L. E. -----	157
USING THE MATHEMATICAL APPARATUS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TO INTERPRET AND VALIDATE THE RESULTS OF CLUSTER ANALYSIS Malakhova V. V., Malakhov O. V. -----	162
FEATURES OF TEACHING STUDENTS WITH DISORDERS OF THE MUSCULOSKELETAL SYSTEM Mechetny Yu. N., Sknarina E. Yu. -----	166
EVALUATION OF INTERACTION OF GRANULAR MEDIUM WITH THE WORKPIECE AND PARAMETERS INFLUENCING METAL REMOVAL DURING FINISHING VIBRATION MACHINING Mitsyk V. Ya., Pokintelitsa N. I., Chesnokov A. V. -----	170
MINIMIZATION OF ACTIVE LOSSES OF ELECTRICITY IN GROUPS OF RATED POWER OF POWER TRANSFORMERS OF 10(6) KV DISTRIBUTION ELECTRICAL NETWORKS OF THE SUE LPR «RGC» OF RUSSIA, CAUSED BY ABNORMAL OPERATING CONDITIONS Parsentev O. S. -----	175
DIGITAL SIGNAL PROCESSING IN THE PROBLEM OF ANALYZING THE PARAMETERS OF COAL-WATER FUEL USING THE EDGE CURRENT METHOD Sentyay R. N., Kapustin D. A., Gutko Yu. I., Shvyrov V. V. -----	195

APPLICATION OF NANOSTRUCTURED BIOCOMPOSITIONAL MATERIALS BASED ON TECHNICAL LIGNIN FOR THE SYNTHESIS OF FOUNDRY BINDERS	
Svinoroev Yu. A., Gutko Yu. I. -----	201
ASSESSMENT OF THE BEARING CAPACITY OF A CONICAL CHAMBER WITH THE PRESENCE OF STRESS CONCENTRATORS	
Solodovnik M. D., Yasunik S. N., Volkov I. V., Kuznetsova M. N. -----	207
LARGE LANGUAGE MODELS FINE-TUNING WITH THE LORA TECHNIQUE TO SOLVE PROBLEMS OF STATIC ANALYSIS OF PROGRAM CODE	
Shvyrov V. V., Kapustin D. A., Kushchenko A. V., Sentyay R. N. -----	210

УДК 504

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОЛУЧЕНИЯ ГАЗООБРАЗНЫХ, ЖИДКИХ И ТВЕРДЫХ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ ИЗ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ ПРИМЕНЕНИЕМ ПИРОЛИЗНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Андрийчук Н. Д., Пилавов М. В., Богатырёва Л. Ю.

EFFICIENCY OF OBTAINING GASEOUS, LIQUID, AND SOLID ENERGY CARRIERS FROM ORGANIC WASTE

Andriychuk N. D., Pilavov M. V., Bogatyreva L. Yu.

Переработка твердых коммунальных отходов при помощи пиролизной установки заключается в термическом разложении, происходящем без доступа кислорода, что предотвращает образование токсически опасных соединений, как бензопирен, фуран и т.д., что в свою очередь не несет за собой дополнительную экологическую нагрузку по сравнению с другими методами утилизации отходов методом сжигания. Замкнутость схемы и его компактность обеспечивает возможность использования оборудования в черте любого города.

Ключевые слова: твердые коммунальные отходы, переработка отходов, пиролиз, топливо.

Введение. Преобладание использования органических видов топлива в энергетической области, согласно исследований многих ученых, будет производиться еще достаточно продолжительное количество времени. Преобразование органического топлива в тепловую энергию сопровождается высвобождением большого количества вредных выбросов и парниковых газов.

Поиск наиболее экологичного способа получения тепловой энергии является основной задачей для исследователей.

Отходы органического происхождения возможно использовать в качестве энергоносителя. Переработка отходов при помощи установок пиролизного получения газообразных, жидких и твердых энергоносителей из органического сырья с цикличным или непрерывным процессом является одним из экологически чистых методов утилизации отходов путем последующего сжигания.

Актуальность обуславливается возможностью наиболее эффективно перерабатывать отходы, получении тепловой энергии, максимального извлечения из отходов ценных компонентов и снижение антропогенной нагрузки на окружающую среду.

Целью работы является разложение тяжелых органических веществ в условиях вакуума под

воздействием высоких температур, на вещества с более низкой молекулярной массой.

В работе рассмотрены вопросы термического преобразования органических топлив, находящихся на разной степени метаморфизма.

Одним из наиболее распространенных способов переработки органических топлив является пиролиз.

Пиролиз представляет собой процесс термической деструкции органических веществ под действием температуры при отсутствии окислительной среды без доступа кислорода [1]. Из молекул органических отходов в результате пиролиза образуются менее сложные частицы, молекулы простых органических соединений и зола, продукты пиролиза могут использоваться как сырье для химических производств и топливо. Пиролиз является одним из самых перспективных направлений переработки ТКО с точки зрения как экологической безопасности, так и получения полезных товарных продуктов. В зависимости от принципиальной схемы установки возможна переработка различных видов отходов, в том числе с влажностью 80-90%, а также добавлением загрязненных сточных вод [2].

В отличие от газификации данный процесс реализуется при отсутствии окислительной среды, относительно низких температурах (менее 450-900°C).

Согласно треугольнику Таннера (рис. 1), обуславливающему зависимость между зольностью, влажностью и содержанием горючих веществ не менее 25 % и способностью самостоятельно поддерживать горение, в качестве горючего органического соединения рассматриваем большинство отходов органических веществ [3].

Пиролизную установку возможно совместить с установкой газификации твердого остатка с жидким или твердым золоудалением [4].

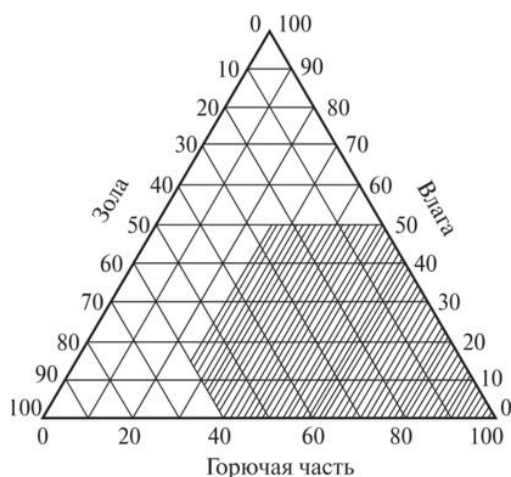


Рис. 1. Треугольник Таннера

Результаты исследований. Произведя анализ результатов работ установок пиролиза и газификации отходов, содержащих органические вещества и получение из них жидких и газообразных продуктов, а также твердого топлива не менее выгодно, чем переработка сырой нефти.

Особенно следует подчеркнуть, что совмещение в один технологический процесс утилизации отходов пиролизной установки и газогенератора позволит довести использование углерода, содержащегося в них, практически до 100%.

Испытания газогенератора ГГ-30 (рис. 2) производились на асфальтобетонном заводе ДСУ № 6 (г. Луганск) при выпаривании битума в качестве генератора газа, альтернативного природному, в количестве 32 м³/ч, причем достигнуто соотношение затрат по элементу «Топливо» природный газогенераторный газ 5,7:1.



Рис. 2. Общий вид газогенератора ГГ-30

Газогенератор А7 (рис. 3) термохимически преобразовывает твердое топливо в горючий газ. Испытания оборудования производились в ЧП «Аксиал». Используя коммунальные отходы, содержащие от 27 % углерода в своем составе, преобразовывается в энергоноситель – генераторный газ, который может быть применен вместо природного газа. Производительность по генераторному газу 28,0-350,0 м³/час, температура газа на выходе из генератора 38 °С, теплотворная способность полученного газа 1560-1200 ккал/м³.



Рис. 3. Общий вид газогенератора А7

Пиролизная установка УПФ-02 (рис. 4, 5), установленная на территории бывшего завода №100, утилизирует все виды отходов данного производства.



Рис. 4. Общий вид пиролизной установки УПФ-02



Рис. 5. Процесс сжигания: а) пиролизного газа; б) жидкой фракции пиролиза; в) пирокарбона

Экономический риск при внедрении этой «новой» для нас технологии сводится к минимуму, т.к. уже создана необходимая теоретическая и техническая база. В зависимости от сырьевых возможностей и энергетических потребностей заказчика конвертор адаптируется под определенные виды сырья (уголь, отходы углеобогащения, древесина и отходы ее переработки, различные сельскохозяйственные, бытовые и промышленные отходы органического происхождения) и может вырабатывать из отходов различные высоколиквидные товарные продукты.

Выводы. Утилизация отходов применением пиролиза позволяет, используя отходы, получать дешевую энергию, при этом не неся дополнительную экологическую нагрузку. Полученные продукты и отходы пиролиза просты в хранении и транспортировке [4].

В промышленных объемах это возможность получить дешевую энергию, альтернативный вид топлива.

Срок окупаемости оборудования составляет 2 года, сокращение данного срока зависит непосредственно от объемов переработки, автоматизации.

Литература

1. Пиролиз отходов [Электронный ресурс] // studwood.ru. — 2017 — Режим доступа: https://studwood.ru/1155350/ekologiya/piroliz_otodov (дата обращения 09.12.2023).
2. Штриплинг, Л. О. Основы очистки сточных вод и переработки твердых отходов: учеб. пособие / Л. О. Штриплинг, Ф. П. Туренко. — Омск: Изд-во ОмГТУ, 2005. — 192 с.
3. Бернадинер М.Н. Сжигание осадков сточных вод [Текст] / М.Н. Бернадинер, М.С. Минц, И.С. Туровский. — М.: ГОСИНТИ, 1971. — 50 с.
4. Мишустин, О. А. Обзор развития и применения технологии пиролиза для переработки отходов / О. А. Мишустин, В. Ф. Желтобрюхов, Н. В. Грачева, С. Б. Хантимирова. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2018. — № 45 (231). — С. 42-45. — URL: <https://moluch.ru/archive/231/53604/> (дата обращения: 09.12.2023).

Andriychuk N.D., Pilavov M.V., Bogatyreva L.Yu.
EFFICIENCY OF OBTAINING GASEOUS, LIQUID, AND SOLID ENERGY CARRIERS FROM ORGANIC WASTE

Recycling of municipal solid waste using a pyrolysis unit involves thermal decomposition that occurs without access to oxygen, which prevents the formation of toxic hazardous

compounds such as benzopyrene, furan, etc., which in turn does not carry an additional environmental burden compared to with other methods of waste disposal by incineration. The closed circuit and its compactness make it possible to use the equipment within any city.

Keywords: municipal solid waste, waste processing, pyrolysis, fuel.

Андрійчук Николай Данилович, д.т.н., профессор кафедры вентиляции, теплогазо- и водоснабжения института строительства, архитектуры и жилищнокоммунального хозяйства ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

Пилавов Манолис Васильевич, д.т.н., профессор кафедры вентиляции, теплогазо- и водоснабжения института строительства, архитектуры и жилищнокоммунального хозяйства ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

Богатырёва Любовь Юрьевна, доцент кафедры вентиляции, теплогазо- и водоснабжения института строительства, архитектуры и жилищнокоммунального хозяйства ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».
E-mail: bogatyreva.lyuba@mail.ru

Andriychuk Nikolay Danilovich, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of ventilation, heat and gas and water supply, Institute of construction, architecture and housing and communal services of the «LSU named after V. Dahl».

Pilavov Manolis Vasilievich, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of ventilation, heat and gas and water supply, Institute of construction, architecture and housing and communal services of the «LSU named after V. Dahl».

Bogatyreva Lyubov Yuryevna, Associate Professor of the Department of ventilation, heat and gas and water supply, Institute of construction, architecture and housing and communal services of the «LSU named after V. Dahl».

Рецензент: Соколов Владимир Ильич, проф., д.т.н., профессор кафедры вентиляции, теплогазо- и водоснабжения ИСА и ЖКХ ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля».

Статья подана: 10.12.2023

УДК 628.7

ФАКТОРЫ ВЛИЯНИЯ НА ОБРАЗОВАНИЕ ТРЕЩИН В АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЯХ

Бегей А. А., Рябинина М. М.

FACTORS INFLUENCING THE FORMATION OF CRACKS IN ASPHALT CONCRETE ROAD SURFACES

Begei A. A., Ryabinina M. M.

Проведен анализ нынешнего состояния функционирования дорожного хозяйства ЛНР, современных тенденций его развития. Установлено, что дорожная отрасль находится в достаточно тяжелой ситуации, поскольку транспортно-эксплуатационное состояние подавляющего большинства автомобильных дорог ЛНР неудовлетворительное. Дорожные условия существенно влияют на техническое состояние, безопасность движения и соответственно на оценку стоимости участка автомобильной дороги. За неимением финансовых ресурсов строительство новых дорог осуществляется крайне редко, а все чаще проводятся дорожные работы по сохранению сети уже имеющихся дорог и обеспечению их необходимого транспортно-эксплуатационного состояния. По результатам проведенного анализа выделена одна из основных причин преждевременного разрушения новопостроенных или отремонтированных дорожных покрытий нежесткого типа - низкая прочность межслойного сцепления в зоне контакта вновь уложенного материала с ниже расположенным слоем.

Ключевые слова: асфальтобетонное покрытие, трещина, выбоины, сцепление между слоями, пластическая деформация, упругая деформация, сдвигоустойчивость.

Введение. Увеличение количественного состава автомобильного парка, рост грузоподъемности и скорости движения автомобилей обуславливают необходимость улучшения дорожных условий практически всей сети автомобильных дорог ЛНР. Эффективность работы автомобильного транспорта во многом зависит от технического уровня и состояния дорог. В случае ухудшения технического состояния дороги снижается производительность и безопасность дорожного движения, повышается себестоимость перевозок. Обеспечение эффективных мер по повышению безопасности дорожного движения и уменьшению его негативного воздействия на окружающую среду является сложной социально-экономической и технической задачей. Решается она путем строительства новых дорог и реконструкции имеющихся.

Цель работы: выполнить анализ факторов, которые влияют на образование трещин в асфальтобетонных дорожных покрытиях, и оценку негативного состояния на дорожные одежды нежесткого типа, обоснование методов ремонта этого вида разрушения.

Постановка задачи. Анализ последних исследований и публикаций, тенденции развития дорожного хозяйства ЛНР показывают, что при ограниченных финансовых ресурсах на первое место выступают работы по сохранению сети имеющихся дорог и обеспечению необходимого транспортно-эксплуатационного состояния. Анализ литературных источников [1] предполагает, что на дорогах преобладают деформации и разрушения, связанные с недостаточной деформационной способностью асфальтобетонных покрытий при определенных температурах. В зависимости от регионов, а соответственно и от природно-климатических условий, трещины в асфальтобетонных покрытиях являются одним из основных факторов, которые приводят к разрушению дорожных покрытий.

Изложенное выше свидетельствует о необходимости разработки и реализации во время ремонта и реконструкции дорог мероприятий, которые позволили бы повысить трещиностойкость асфальтобетонных покрытий, продлить сроки их службы и снизить затраты на их содержание.

Исследования многих ученых [2-5] свидетельствуют, что одной из основных причин преждевременного разрушения вновь построенных или отремонтированных покрытий нежесткого типа является низкая прочность межслойного сцепления в зоне контакта вновь уложенного материала с ниже расположенным слоем, поскольку условие прочной связи между слоями чаще всего не соблюдается. Во время эксплуатации дорожных покрытий на контакте между слоями происходят относительные смещения, свидетельствующие о недостаточной прочности межслойного сцепления при динамических воздействиях транспортных средств, и, как следствие, возникновение высокочастотных

колебаний приводит к быстрому разрушению дорожных покрытий.

На территории ЛНР наиболее распространены асфальтобетонные дорожные покрытия. Наряду с высокими технологическими и эксплуатационными показателями такие покрытия обладают существенными недостатками – высокой чувствительностью к температурно-увлажняющему действию, непрерывным изменением прочности и деформационным характеристикам во времени в связи с естественным старением вяжущего, что существенно затрудняет прогнозирование их долговечности. Многочисленные исследования показывают, что условия работы дорожных одежд с такими покрытиями значительно определяются физико-химическими, механическими и погодноклиматическими факторами, в результате совместного действия которых происходит изменение качественных характеристик покрытия в процессе его эксплуатации. При изучении особенностей работы дорожных покрытий из асфальтобетонных смесей нельзя рассматривать изолированно влияние на них только одной отдельной группы факторов. Они должны рассматриваться комплексно, поскольку в комплексе результат их влияния будет резко отличаться от влияния каждого из факторов отдельно.

Асфальтобетон в конструкции дорожной одежды всегда находится в напряженном состоянии. Это обстоятельство связано с тем, что возникающие в нем напряжения никогда полностью не релаксируют. Под влиянием этих остаточных напряжений в асфальтобетоне будет разрушаться дорожное покрытие.

Трещины являются наиболее распространенным видом дефектов асфальтобетонных дорожных одежд (рис. 1).



Рис. 1. Трещины на поверхности асфальтобетонного дорожного покрытия

Основной причиной образования трещин является возникновение растягивающих и изгибающих напряжений в слоях дорожной одежды

под действием нагрузок от автомобилей и температурных колебаний, а особенно при совместном действии этих факторов. Трещины зарождаются там, где нормальные напряжения растяжения в слое покрытия или дорожной одежды превышают предел прочности на растяжение материала соответствующего слоя.

Трещины на покрытиях становятся заметными по ширине 0,2-1 мм и длине не менее 10 см. Более мелкие трещины или микротрещины визуально незаметны. Основная часть трещин, возникающих по полосам наката от действия погрузки, является результатом утомительного разрушения слоя дорожной одежды. Трещины растут одновременно в двух направлениях: вверх и по длине. При дальнейших нагрузках трещина проходит сквозь покрытие и становится видимой на его поверхности.

Другая часть зарождается на поверхности покрытия или другого слоя и развивается сверху вниз. Это трещины и трещины, возникающие в зоне изгиба покрытия под действием колес автомобилей.

Большую часть трещин на поверхности покрытия образуют отраженные трещины. Это трещины старого покрытия, на которое уложен новый слой асфальтобетона. Опыт показывает, что трещины старого покрытия в процессе эксплуатации начинают проявляться уже через 1-2 года, а после 5-7 лет могут полностью повториться на новом покрытии.

Установлены основные причины образования трещин:

- недостаточная прочность земляного полотна, не соответствующая фактическим нагрузкам от автомобилей, вследствие чего возникают большие прогибы и растягивающие напряжения в слоях дорожной одежды;
- большие перепады температур от плюсовых до минусовых; особенно опасны низкие минусовые температуры, сопровождающиеся возникновением очень высоких растягивающих напряжений в слоях дорожной одежды;
- недостаточная трещиностойкость асфальтобетонных покрытий, обусловленная несоответствием деформационных свойств битума реальным температурным условиям работы покрытий;
- разнообразие теплофизических свойств материалов слоев смежных покрытий, вследствие чего возникают дополнительные напряжения по плоскостям сопряжения слоев при температурных перепадах;
- неравномерное уплотнение слоев дорожной одежды;
- образование вспучиваний, сопровождающееся возникновением сетки трещин в дорожной одежде [4].

Появление и развитие трещин не имеют взрывного характера, но происходят достаточно быстро. В условиях континентального климата первыми, как правило, появляются зимой

температурные поперечные трещины. Они могут возникать уже в первый год службы дорожной одежды. Продольные трещины, трещины по полосам наката и трещины произвольного направления возникают обычно через 4 года и больше на новом покрытии. Отраженные трещины могут появиться через 1-2 года после укладки нового слоя.

Наиболее быстро развиваются трещины весной и осенью, а наиболее широко раскрываются зимой и весной. В летний период многие мелкие трещины

закрываются из-за размягчения битума и расширения материала в покрытии или закатываются колесами автомобилей.

Трещины имеют разные размеры по ширине, длине и глубине. Наличие широких трещин и тем более сетки трещин служит явным признаком образования ям и выбоин на дорогах (рис. 2). Выбоины - местные разрушения покрытия, глубиной от 20 до 100 мм и более с резко очерченными краями.



Рис. 2. Ямы и выбоины на дорогах

В большинстве своем начальная стадия возникновения выбоин и ямочности совпадает с периодом неблагоприятных погодных условий, особенно с весенним периодом частого перехода от плюсовой до минусовой температуры воздуха, чрезмерного увлажнения почвы земляного полотна и слоев дорожной одежды. Вода, попадая в трещины, усиливает коррозионные физико-химические процессы в материалах дорожной одежды, а во время замерзания оказывает растягивающее действие на стенки трещин и отдельные частицы материалов. В сочетании с динамическим воздействием от транспортных нагрузок материал покрытия в зоне образования трещины начинает разрушаться и выбиваться, а трещина быстро перерастает в выбоину. Поэтому трещины всегда являются потенциальными источниками появления выбоин.

Прочность дорожной одежды характеризуется модулем длительности упругости, рассчитываемым по формуле:

$$E = \frac{pD(1 - \mu^2)}{l}, \quad (1)$$

где p – давление колеса на поверхность дорожного полотна, МПа;

D – диаметр колеса, равнозначен отisku колеса, м;

l – упругий прогиб;

μ – коэффициент бокового расширения, или коэффициент Пуассона ($\mu = 0,3$) [5].

Опыт показывает, что с уменьшением крепости дорожной одежды площадь ямочности в процессе

эксплуатации резко увеличивается. Среднегодовая площадь ямочности на 8-й год эксплуатации дорожной одежды капитального типа с асфальтобетонным покрытием при коэффициенте запаса прочности 1,5 составляет около 0,1% от общей площади, а при коэффициенте запаса прочности 1,0 составляет около 2%, то есть в 20 раз больше [5].

Другим источником возникновения выбоин являются неровности дорожного покрытия, начиная от неровностей, допущенных при обустройстве слоев дорожной одежды, включая неровности в виде трещин, оползней и наплывов, возникающих в процессе эксплуатации асфальтобетонных покрытий из смеси с повышенной пластичностью.

Колея – это деформирование поперечного профиля проезжей части с образованием углублений и гребней вдоль полос наката вследствие неравномерного износа и накопления пластических деформаций в покрытии, а также остаточных деформаций в слоях дорожной одежды и земляного полотна, которое происходит при многократном воздействии колес автомобилей. Прежде всего, путь может образовываться благодаря доуплотнению слоев дорожной одежды по полосам наката, если они не были достаточно уплотнены во время строительства. Колеи по этой причине образуются в первый год эксплуатации. Опыт показывает, что доуплотнение дорожной одежды завершается после прохода 300 тыс. стандартных осей грузового автомобиля.

Износ (стирание) покрытия под действием колес автомобиля происходит при торможении и движении в режиме тяги вследствие неизбежного скольжения шины в зоне контакта колеса с покрытием. Износ происходит примерно одинаково в течение года, если зимой не применяются шины с шипами. Учитывая это обстоятельство, можно считать, что в странах с короткой зимой часть автодорог по причине износа покрытия составляет около 5%.

Пластические деформации покрытия являются причиной 15-20% случаев образования пути на асфальтобетонных покрытиях, которые заключаются в накоплении вертикальных остаточных деформаций вследствие повышения пластичности, т.е. происходит из-за снижения вязкости битума или вязкого сопротивления битуму сдвигу. Одновременно с вертикальными накапливаются и горизонтальные остаточные деформации. Эти деформации при многократных повторных нагрузках непрерывно возрастают, вследствие чего по бокам пути появляются гребни или валы.

Структурные разрушения покрытия происходят примерно одинаково в течение всего года, а в слоях основания они накапливаются больше весной, когда прочность дорожной одежды наименьшая. Сдвигостойкость асфальтобетона будет обеспечена, если в результате действия транспортной нагрузки при высокой летней температуре (когда несущая способность вязких связей минимальна) не будет происходить разрушения сплошных упругих связей от действия касательных напряжений.

Обеспечить работу асфальтобетона без появления остаточных деформаций можно при условии превышения прочности упругих связей материала над уровнем напряжений, вызванных транспортной нагрузкой.

Если принять, что прочность упругих связей соответствует значению истинного предела пластичности или удельному сцеплению в законе Мора-Кулона,

$$K_2 = \frac{kC}{\tau_{\max} - \sigma \tan \varphi}, \quad (2)$$

где k - коэффициент, учитывающий соотношение длительного и фактического модуля релаксации и расхождение коэффициента удельного сцепления с истинным пределом пластичности, равным 0,8;

C - удельное сцепление асфальтобетона, МПа;

$\tau_{\max}$ - максимальные касательные напряжения, МПа;

σ - нормальные напряжения, МПа;

φ - угол внутреннего трения асфальтобетона.

Как основной фактор влияния большегрузных автомобилей на появление пластических

деформаций выступают: удельное давление и нагрузка на колесо. Другие факторы взаимосвязаны друг с другом и могут быть выражены через соответствующую замену и подстановку. Удельное давление на покрытие возрастает с повышением давления в шине и ростом нагрузки на колесо. При этом рост нагрузки на колесо оказывает меньшее влияние на повышение контактного давления по сравнению с ростом давления воздуха. В частности, в случае увеличения вдвое нагрузки на колесо при неизменном внутреннем давлении давление по площади отпечатка возрастает на 5-10%, тогда как при увеличении вдвое внутреннего давления в шине при одинаковой нагрузке на колесо – на 40-45%. Связано это с тем, что во время уменьшения давления воздуха в шине происходят рост площади и изменение конфигурации отпечатка колеса.

Рост нагрузки на ось с 10 т до 13 т снижает коэффициент запаса материала из условия сдвигостойчивости на 2–5%. Если же во время нагрузки в 10 т увеличить удельное давление воздуха с 0,5 до 0,75 МПа, то коэффициент запаса материала из условия сдвигостойчивости снизится на 10–15%, а во время увеличения с 0,5 до 1,0 – на 30–40%. Чтобы снизить коэффициент запаса на такую же величину при постоянном давлении, необходимо увеличить нагрузку на ось с 10 т до 22 т. То есть увеличение давления воздуха в шине опаснее, чем рост нагрузки на ось.

Схема расположения слоев дорожной одежды и свойства материалов этих слоев при расчетной высокой температуре влияют на величину напряжений и деформаций, а следовательно, и на кинетику накопления пластических деформаций. Конструкционные особенности дорожной одежды связаны с расхождением точек максимума касательных напряжений с максимумом нормальных напряжений, действующих в одной плоскости, а наибольшая их разница может наблюдаться в разных частях дорожной конструкции в зависимости от соотношения свойств материалов конструктивных слоев.

Во всех случаях увеличение жесткости основания положительно сказывается на устойчивости к колееобразованию материала покрытия. При более высокой жесткости материала покрытия по сравнению с жесткостью нижнего слоя, что характерно для существующих дорожных одежд, прочность сдвига покрытия по сравнению с нижним слоем должна быть выше на 30-35%. Однако ввиду высокой температуры покрытия достичь этого не всегда удается. Когда соотношение жесткостей покрытия и нижнего слоя становится меньше 1,5, ситуация меняется на противоположную.

Выводы. Одним из факторов обеспечения надежности и работоспособности дорожной конструкции является совместная работа ее слоев благодаря наличию прочных связей между

монолитными слоями, которая возможна при обеспечении межслойного сцепления.

Наиболее распространенными причинами снижения межслойного сцепления являются: несоответствие технологических режимов укладки слоев дорожной одежды, прежде всего температурных; неучет физико-механических свойств материалов на этапе строительства; влияние климатических и механических факторов или их комплексное воздействие на этапе эксплуатации автомобильной дороги.

Установлено, что под действием вертикальной нагрузки от колеса автомобиля в слоях дорожной одежды возникают сдвижные напряжения, влияющие на разрушаемость дорожной одежды.

Следовательно, любая прочная дорожная одежда в течение года не должна иметь остаточных деформаций, то есть должна работать в стадии обратимых (упругих) деформаций. Сопротивление сдвигу обычно резко снижается в весенний период при повышенном увлажнении.

Сдвигоустойкость асфальтобетонного слоя усиления зависит, с одной стороны, от прочности слоя, а с другой – от межслойного сцепления его с нижним слоем.

Установлено, что прочность и сдвигоустойчивость асфальтобетона зависят от однородности его структуры, процесс формирования которой очень сложен и требует учета разнообразных факторов, основными из которых являются температурные параметры смеси и режимы уплотнения. При обустройстве асфальтобетонных слоев усиления следует обязательно применять такие основные методы уплотнения, как укатывание, виброуплотнение и комплексный метод, при котором материал одновременно подвергается укатыванию и виброуплотнению. Структура асфальтобетона, определяющая его прочность и сдвигоустойчивость, в значительной мере формируется именно в результате уплотнения.

Л и т е р а т у р а

1. Сильянова В.В. Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог и городских улиц: Учебник для студ. высш. обучения. заведений / В.В. Сильянова, Е.Р. Домке. – 3-е изд. – М.: Издательский центр "Академия", 2009. – 352 с.

2. Минаков А.С., Кияшко И.В. Влияние обеспеченности межслойного сцепления на прочность дорожных одежд нежесткого типа. Проектирование, строительство и эксплуатация нежестких дорожных одежд: материалы Междунар. науч.-техн. конф., посвященной 80-летию ХНАДУ и дорожно-строительного факультета. ХНАДУ, 2010. С. 112-115.

3. Мозговой В.В., Онищенко А.М., Жуков А.А., Невингловский В.Ф. Методика оценки сцепления между асфальтобетонными слоями при сдвиге. Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. 2010. № 1. С. 53-60.

4. Васильев А.П. Эксплуатация автомобильных дорог: в 2 т.: учебник для студ. высш. учеб. заведений. Москва: Издательский центр «Академия», 2010. Т. 1. 320 с.

5. Садило М.В., Садило Р.М. Автомобильные дороги: строительство и эксплуатация: учеб. пособие. Ростов на Дону: Феникс, 2011. 367 с.

Begei A.A., Ryabinina M.M.

FACTORS INFLUENCING THE FORMATION OF CRACKS IN ASPHALT CONCRETE ROAD SURFACES

The analysis of the current state of the functioning of the road economy of the LPR, modern trends in its development. It has been established that the road industry is in a rather difficult situation, since the transport and operational condition of the vast majority of LNR highways is unsatisfactory. Road conditions significantly affect the technical condition, traffic safety and, accordingly, the assessment of the cost of a road section. Due to the lack of financial resources, the construction of new roads is extremely rare, and road works are increasingly being carried out to preserve the network of existing roads and ensure their necessary transport and operational condition. According to the results of the analysis, one of the main reasons for the premature destruction of newly built or repaired road surfaces of a non-rigid type is the low strength of interlayer adhesion in the contact zone of the newly laid material with the lower layer.

Keywords: crack, asphalt concrete coating, adhesion between layers, plastic deformation, elastic deformation.

Бегей Алла Анатольевна, старший преподаватель кафедры «Проектирование и технологии строительства» ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля»

E-mail: alla.begei@yandex.ua

Рябинина Маргарита Михайловна старший преподаватель кафедры «Проектирование и технологии строительства» ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля»

E-mail: m.ryabinina2014@yandex.ru

Begei Alla Anatolievna, senator teacher, «LSU named after V. Dahl».

Ryabinina Margarita Mihailovna, senator teacher, «LSU named after V. Dahl».

Рецензент: Дрозд Геннадий Яковлевич, д.т.н., профессор, профессор кафедры «Промышленное, гражданское строительство и архитектура» института строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства Луганского государственного университета имени Владимира Даля.

Статья подана 11.11.2023

УДК 504.3.054

ГИДРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ ЛИТИЯ ИЗ ОТХОДОВ ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

Белецкий Я. О.

HYDROMETALLURGICAL METHODS FOR PRODUCING LITHIUM FROM WASTE LITHIUM-ION BATTERIES

Beletskiy Y. O.

В работе рассмотрены гидрометаллургические методы переработки отходов литий-ионных аккумуляторов. Основными подходами к переработке аккумуляторов являются осаждение, экстракция растворителем и селективная адсорбция. Эти методы на данный момент самые актуальные, так как полученные компоненты с литием Li^+ можно сразу использовать в качестве вторичного сырья.

Ключевые слова: отходы, литий, литий-ионные аккумуляторы, переработка, утилизация, гидрометаллургия, осаждения, экстракция.

Введение. Переработка литий-ионных аккумуляторов постоянно изучается с 1990-х годов и в последнее время набирает обороты. Однако большинство исследований сосредоточено не на литии, а на более дорогих материалах, таких как кобальт. Поэтому извлечению лития из утилизируемых аккумуляторов уделялось мало внимания.

Литий может быть извлечен из литий-ионного аккумулятора с помощью двух основных процессов. Из-за сложности отделения лития от упакованной батареи утилизируемую батарею подвергают предварительной обработке для отделения литийсодержащего активного материала (катода, анода) от периферийных частей (пластика, полимера). Далее литий химически отделяют от активных материалов с использованием методов пирометаллургии, гидрометаллургии и электрохимической экстракции.

Литий (Li) является важным сырьём, используемым в различных отраслях промышленности. Литиевые вторичные батареи широко используются в качестве источников питания ИТ-устройств, таких как мобильные телефоны и портативные компьютеры, источников питания электроинструментов и источников питания электрических транспортных средств. В последнее время, поскольку автомобили, использующие литиевые вторичные батареи в качестве источника питания, находятся в центре внимания, спрос на литий на мировом рынке также быстро растёт [1].

Изложение основных материалов. Гидрометаллургия является наиболее используемым

методом извлечения лития. Литий в предварительно обработанных активных материалах ионизируется кислотами и основаниями с последующим выщелачиванием для получения растворов Li^+ , из которых можно извлекать литий. Использовались неорганические кислоты, такие как серная, соляная и азотная. Для повышения эффективности выщелачивания применялись тепловые или окислительно-восстановительные реакции с использованием сернистой кислоты (H_2SO_3), гидроксилламин (NH_2OH) и пероксид водорода (H_2O_2). Среди окислительно-восстановительных агентов H_2O_2 является наиболее распространенным восстановителем из-за его низкой стоимости и нетоксичности. H_2O_2 может увеличить скорость реакции выщелачивания благодаря своей высокой восстанавливаемости. Однако использование кислоты с низким pH может привести к выделению вредных газов, таких как Cl_2 и NO_x , что отрицательно сказывается на окружающей среде.

Таким образом, рассматривается возможность использования слабых кислот, таких как щавелевая кислота или лимонная кислота. Соединения лития могут быть получены с использованием кислот или оснований для выщелачивания с последующим осаждением, экстракцией растворителем или селективной адсорбцией [2].

Осаждение. Осаждение является наиболее используемым методом выделения лития из выщелачиваемых растворов. В этом методе используется разница в растворимости соединений металлов, которая зависит от конкретного значения pH и температуры. Осаждаются материалы с низкой растворимостью, такие как гидроксиды или оксалаты переходных металлов. Поэтому осадители, такие как NaOH , Na_3PO_4 и Na_2CO_3 , в основном используются для осаждения других растворенных металлов с последующим извлечением лития в виде Li_2CO_3 или Li_3PO_4 путем взаимодействия Li^+ и осадителей. Например, Li_2CO_3 имеет более высокую склонность к образованию низкорастворимых Li_2CO_3 в условиях высокого pH из-за образования ионов CO_3 . Li_2CO_3 обладает существенно более низкой растворимостью, что облегчает его выпадение в осадок. Этот метод является самым безопасным, экономичным и наиболее

эффективным (эффективность извлечения) среди методов гидрометаллургии.. При повышении pH осаждаются Кобальт (Co), Магний (Mn) и Никель (Ni) в виде гидроксидов. Этот метод осаждения наиболее изучен, но для получения требуемого профиля свойств необходим точный контроль условий эксперимента (pH, концентрации Li и температуры) [3].

Экстракция растворителем. В экстракции растворителем используется двухфазная система для отделения лития от выщелоченного катодного материала. Для отделения ионов из полярных и неполярных жидкостей используется относительная растворимость. Неполярные экстрагенты в основном используются для отделения ценных металлов (Co, Ni, Mn), а литий отделяют из стратифицированного раствора [4].

Селективная адсорбция. Селективная адсорбция отделяет литий с использованием литий-ионного сита для поглощения растворенного лития. Литий-ионные сита представляют собой неорганические адсорбенты, которые чрезвычайно селективны в отношении лития в литийсодержащем растворе и являются результатом технологии, используемой для извлечения лития из растворов, таких как литиевые рассолы. Поскольку литий является самым маленьким ионом металла, литий-ионные сита используют это для пропускания только ионов лития. Оксид марганца лития обладает самой высокой селективностью, емкостью и стабильностью среди неорганических растворителей. Кроме того, он обладает низкой токсичностью, что делает его наиболее часто используемым материалом [5].

Выводы. Каждый метод переработки лития должен быть разработан для коммерциализации, чтобы создать лучший и более устойчивый литиевый цикл. Исследования и разработки в этой области должны осуществляться в направлениях развития динамичного рынка переработки лития. От образования отходов до полной их переработки. В настоящее время методы, которые широко коммерциализируются или исследуются, также вредны для окружающей среды. Технология переработки лития должна не только снизить дефицит лития, но и сократить количество отходов для предотвращения загрязнения окружающей среды. Однако большинство разработанных в настоящее время методов переработки приводят к образованию загрязняющих веществ. Сюда входят вредные газы, образующиеся при термической обработке литиевых отходов, а также кислоты, основания и органические растворители, используемые для выщелачивания. Это также приводит к дополнительным расходам. Дополнительные затраты и процедуры могут препятствовать коммерциализации процесса. Таким образом, следует уделить существенное внимание оптимизации процесса с целью минимизации отходов или поиску способов повторного использования отходов этих процессов.

Литература

1. Патент № 2793756 C1 Российская Федерация, МПК C22B 26/12, C01D 15/02, C01D 15/08. Способ извлечения лития, способ получения карбоната лития и способ получения гидроксида лития : № 2022126343 : заявл. 10.10.2022 : опубл. 05.04.2023 / У. Чон. – EDN GVZMQB.
2. Hydrometallurgical and flotation methods of slag depletion / A. Khasanov, T. Sirozhov, Sh. Utkirova, M. Murtozaeva // Universum: технические науки. – 2022. – No. 5-10(98). – P. 56-58. – EDN LXHOAO.
3. Белецкий, Я. О. Повышение экологической безопасности при переработке и утилизации химических источников тока / Я. О. Белецкий // Проблемы техносферной и экологической безопасности в промышленности, строительстве и городском хозяйстве : сборник материалов I Международной научной конференции, Макеевка, 16 февраля 2023 года. – Макеевка: Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, 2023. – С. 142-144. – EDN WDTNMY.
4. Патент № 2768719 C1 Российская Федерация, МПК C22B 23/00, C22B 26/12, C22B 3/18. Способ переработки отработанных литий-ионных аккумуляторов : № 2021127799 : заявл. 22.09.2021 : опубл. 24.03.2022 / К. Д. Наумов, С. А. Сапьянов ; заявитель Общество с ограниченной ответственностью "Русский Кобальт". – EDN EWTEIE.
5. Селективное извлечение и утилизация лития: перспективы использования мембранных методов / Д. Ю. Бутыльский, L. Dammak, C. Larchet [и др.] // Успехи химии. – 2023. – Т. 92, № 4. – С. RCR5074. – DOI 10.57634/RCR5074. – EDN LXCRR.

Beletskiy Y.O.

HYDROMETALLURGICAL METHODS FOR PRODUCING LITHIUM FROM WASTE LITHIUM-ION BATTERIES

The paper discusses hydrometallurgical methods for processing waste lithium-ion batteries. The main approaches to battery recycling are precipitation, solvent extraction and selective adsorption. These methods are currently the most relevant, since the resulting components with lithium li⁺ can be immediately used as secondary raw materials.

Key words: waste, lithium, lithium-ion batteries, processing, recycling, hydrometallurgy, precipitation, extraction.

Белецкий Ярослав Олегович аспирант, каф. «Техносферная безопасность», ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры».
E-mail: ya.o.beletskiy@donnasa.ru

Beletskiy Yaroslav Olegovich, post-graduate student, assistant departments "Technospheric Safety", State Educational Establishment of Higher Education «Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture».

Рецензент: Андрийчук Николай Данилович, доктор технических наук, профессор, директор Института строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 11.11.2023

УДК 504.3.054

ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ ПЛАСТИКА ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЕГО В АСФАЛЬТОБЕТОННОМ ПОКРЫТИИ

Белецкий Я. О., Сердюк А. И.

RECYCLING PLASTIC WASTE FOR USE IN ASPHALT CONCRETE PAVEMENT

Beletskiy Y. O., Serdyuk A. I.

В работе рассмотрены перспективы использования отходов пластика в качестве компонентов асфальтобетонного покрытия. При переработке пластика получают грануляцию, которую можно использовать в дорожном строительстве добавляя ее битумную смесь, что способствует снижению стоимости дорожного покрытия.

Ключевые слова: отходы, пластик, переработка, утилизация, дорожное покрытие.

Введение. На сегодняшний день самым распространенным видом отходов является пластмасса во всех видах и формах. Ежегодно на полигоны твердых коммунальных отходов отправляются десятки тонн отходов пластика, это в первую очередь различные виды упаковок от товаров, пластиковые бутылки и различные изделия из пластика, которые утратили товарный вид и работоспособность. Данные отходы можно использовать в качестве засыпной части в строительстве автомобильных дорог. Компоненты пластика имеют определенные параметры, которые могут улучшить качество дорожного покрытия.

Изложение основных материалов. Одной из перспективных отраслей использования отходов пластика является переработка его в пластиковые гранулы, а дальше использование в качестве засыпного компонента для асфальтобетонного покрытия [1]. Пластмасса как строительный материал обладает малой объемной массой (от 15 до 2200 кг/м³), что позволяет производить замену некоторых строительных материалов (сталь, кирпич,

бетон). Это значительно снижает массу сооружений. Еще более важной характеристикой пластмасс является ее прочность. У слоистых пластиков этот показатель настолько велик, что их стали эксплуатировать при строительстве несущих конструктивных элементов. При использовании наполнителей увеличивается и теплостойкость пластмасс, что позволяет при добавлении битума производить асфальтовый бетон [2-3].

Полимерный модификатор битума для получения полимернобитумных вяжущих, включающий битум, полидиеновый каучук, полимер этилена или сополимер этилена с пропиленом, минеральное масло, отличающийся тем, что в качестве битума он содержит дорожный битум БНД 60/90 или БНД 90/130, в качестве полидиенового каучука - каучук синтетический полиизопреновый СКИ-3, в качестве минерального масла - масло, выбранное из группы, включающей соляровое, индустриальное И-8а, или нафтапласт, в качестве сополимера этилена с пропиленом - каучук синтетический этилен - пропиленовый тройной СКЭПТ - 40, содержащий в своем составе звенья дициклопентадиена или этилиденнорборнена, в качестве полимера этилена полиэтилен высокого давления ПВД и дополнительно содержит модифицирующую добавку - предварительно деструктированную в битуме резиновую крошку. Состав и свойства модификатора (пластика) битума представлены в табл. 1.

Таблица 1

Состав и свойства модификатора битума

№ пример состава	Содержание компонентов, мас. %						Свойства	
	Резиновая крошка	СКЭПТ	СКИ	Масло	ПЭ	Битум 60/90	Т Размягчение, °С	Т Хрупкости, °С
1	25	9	1-	10	-	55	85	-45
2	15	10	5	15	-	55	60	-47
3	10	7,5	2,5	10	-	70	57	-38
4	15	-	5	5	10	65	60	-22
5	10	-	2,5	2,5	5	80	53	-20
6	10	-	2	2	1	85	52	-23
7	15	1	3	4	-	77	54	-21

Как видно из данных табл. 1, предложенный полимерный модификатор битума, содержащий значительно меньшие количества полимеров, чем прототип, обладает низкой температурой хрупкости и высокой температурой размягчения, значения которых значительно превосходят соответствующие параметры модификаторов. Следует отметить также отсутствие липкости модификатора предлагаемого состава, что делает его применение доступным непосредственно на месте проведения дорожно-строительных работ.

Материал для изготовления подобного волокна пригодится для косметического ремонта дорожного полотна с частным домом или на даче. Для этого необходимо переработать пластиковую тару без этикеток и пробок. Пластик нужно измельчить, разогреть до температуры плавления. Получившуюся массу необходимо вылить в предварительно разогретый битум, добавить гравий и перемешать. Для укладки в трещину или яму потребуются горелка. Направление применения технологии устройства дорожного покрытия из переработанного пластика становится всё более развивающимся и перспективным.

Среди преимуществ дорожного покрытия с пластиком:

- увеличенная прочность;
- высокая водостойкость;
- увеличение интервалов между ремонтными работами;
- снижение эксплуатационных затрат;
- высокая прочность на растяжение;
- эксплуатация при температурах в диапазоне от -40 до +80°C;
- хорошее сцепление с колесами автомобилей.

Чтобы повысить качество битумной эмульсии, строители используют полимерные добавки. Они повышают эластичность и вязкость состава, повышают прочность и трещиностойкость готового полотна [4-5].

Выводы. Полимерные дороги меньше требуют ремонта, они устойчивы к перепадам температур и не боятся химических реагентов. В состав полимерных добавок входят пластификаторы, термоэластики, эластомеры.

Способ получения битумно-полимерных вяжущих, используемых при ремонте дорожного полотна и устройстве кровельного и гидроизоляционного ковра различных сооружений, в том числе мостовых сооружений, при получении битумных лакокрасочных материалов, включающий смешение битума, полимерного модификатора (ПМ) и, возможно, наполнителя.

Возможно, эта сфера строительства станет одной из тех, которые применяются для сбыта переработанного пластика, что приведет к снижению расходов на прокладку и ремонт магистралей и дорог.

Литература

1. Тюрин, М. Д. Переработки бутылок из полиэтилентерефталатового пластика / М. Д. Тюрин, А. И. Сердюк // Проблемы техносферной и экологической безопасности в промышленности, строительстве и городском хозяйстве: сборник материалов I Международной научной конференции, Магистраль, 16 февраля 2023 года. – Магистраль: Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, 2023. – С. 146-148. – EDN WPQKRPJ.
2. Петрачук, Е. С. Переработка пластика для производства дорожного покрытия / Е. С. Петрачук // Информационные технологии как основа эффективного инновационного развития: Сборник статей Национальной (Всероссийской) научно-практической конференции с международным участием, Воронеж, 22 ноября 2022 года. – Уфа: Общество с ограниченной ответственностью "ОМЕГА САЙНС", 2022. – С. 52-54. – EDN HQUUWN.
3. Бузиков, Ш. В. Технология устройства дорожного покрытия из переработанного пластика / Ш. В. Бузиков, В. В. Перехрист // Региональные аспекты развития науки и образования в области архитектуры, строительства, землеустройства и кадастров в начале III тысячелетия: Материалы X Международной научно-практической конференции. В 2-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 14–16 декабря 2022 года / Редакция: О.Е. Сысоев (отв. ред.) [и др.]. Том Часть 1. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2023. – С. 158-161. – EDN OVPAST.
4. Патент № 2346965 C1 Российская Федерация, МПК C08L 95/00, полимерный модификатор битума: № 2007116880/04: заявл. 04.05.2007 : опубл. 20.02.2009 / Р. А. Кемалов, С. В. Борисов, А. Ф. Кемалов [и др.] ; заявитель ООО НПЦ "Инвента". – EDN ZHGXCX.
5. Патент № 2615523 C1 Российская Федерация, МПК C08L 95/00, C08L 31/04, C08K 3/22. Полимерный модификатор битума и битумно-полимерное вяжущее на его основе: № 2015152877: заявл. 09.12.2015 : опубл. 05.04.2017 / С. М. Петров, Л. Р. Байбекова, А. И. Лахова [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Казанский национальный исследовательский технологический университет" (ФГБОУ ВПО "КНИТУ"). – EDN XONGOE.

Beletskiy Y.O., Serduk A.I. RECYCLING PLASTIC WASTE FOR USE IN ASPHALT CONCRETE PAVEMENT

The paper examines the prospects for using plastic waste as components of asphalt concrete pavement. When plastic is processed, granulation is obtained, which can be used in road construction by adding its bitumen mixture, which helps reduce the cost of road surfaces.

Keywords: waste, plastic, recycling, disposal, road surface.

Белецкий Ярослав Олегович, аспирант, ассистент каф. «Техносферная безопасность», ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры».

E-mail: ya.o.beletskiy@donnasa.ru

Сердюк Александр Иванович, д.х.н., профессор, профессор каф. «Техносферная безопасность», ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры».

E-mail: ecoalserdiuk@rambler.ru

Beletskiy Yaroslav Olegovich, post-graduate student, assistant departments "Technospheric Safety", State Educational Establishment of Higher Education «Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture».

Serdyuk Alexander Ivanovich doctor of chemical sciences professor, professor departments "Technospheric Safety", State Educational Establishment of Higher Education

«Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture».

Рецензент: Андрийчук Николай Данилович, доктор технических наук, профессор, директор Института строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 11.11.2023

УДК 625.855.3

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА СВОЙСТВА АСФАЛЬТОВЯЖУЩЕГО ВЕЩЕСТВА

Бизирка И. И.

INFLUENCE OF VARIOUS FINE FILLERS ON THE PROPERTIES OF ASPHALT BINDING SUBSTANCE

Bizirka I. I.

В статье проведены исследования физико-механических характеристик асфальтовяжущих материалов. Для исследования влияния мелкодисперсных наполнителей на свойства асфальтовяжущего вещества были использованы следующие порошки: известняковый; кварцевый; органоминеральный; зола от сжигания осадка сточных вод (ОСВ). По температуре размягчения, пенетрации и растяжимости было изучено влияние различных мелкодисперсных наполнителей на свойства асфальтовяжущего вещества. Показано, что асфальтовяжущие на органоминеральном порошке по качеству не уступают вяжущему на известняковом минеральном порошке.

Ключевые слова: мелкодисперсные наполнители, асфальтовяжущие, температура размягчения, пенетрация, растяжимость.

Введение. Свойства асфальтовяжущего вещества оказывают значительное влияние на качественные показатели асфальтобетонной смеси. Исследование свойств асфальтовяжущего вещества позволяет получить представление о взаимодействии битума и мелкодисперсного наполнителя, а также спрогнозировать свойства асфальтобетона на этих наполнителях. Химический и минералогический составы, характер поверхности, структурные особенности и форма зерен мелкодисперсного наполнителя влияет на характер взаимодействия.

Целью работы является сравнительный анализ влияния различных мелкодисперсных наполнителей на свойства асфальтовяжущего вещества.

Изложение основного материала. Минеральный порошок [1] представляет собой каменную муку или пыль, получаемую в результате дробления известняков и доломитов.

Согласно ГОСТ Р 52129-2003 порошки бывают двух марок:

МП-1 – порошки неактивированные и активированные из осадочных (карбонатных) горных пород и порошки из битуминозных пород;

МП-2 – порошки из некарбонатных горных пород, твердых и порошковых отходов промышленного производства.

В табл. 1 приведена сравнительная характеристика показателей, предъявляемых к минеральному порошку марки МП-1 и МП-2, и органоминерального порошка из осадка сточных вод (ОСВ).

Исходя из основных нормируемых показателей, таких как зерновой состав, пористость, набухание образцов из смеси порошка с битумом, показатель битумоемкости, влажность, можно сделать вывод, что органоминеральный порошок отвечает требованиям ГОСТ Р 52129-2003. Также видно, что по ряду показателей он отвечает требованиям, предъявляемым к порошку марки ПМ-2 (пористость), а по некоторым показателям – минеральному порошку марки МП-1.

После сопоставления показателей, предъявляемых к минеральному порошку, остается непонятно – к какой же категории относится органоминеральный порошок – активированный или неактивированный. Согласно элементному составу органическая составляющая осадка состоит из: углерод 35,4-87,8%, водород 4,5-8,7%, сера 0,2-2,7%, азот 1,8-8,0% и кислород 7,6-35,4% [2]. Также известно, что при хранении осадок сточных вод со временем преобразуется в белково-, жиро-, углеводоподобные вещества. Они в сумме составляют 80-85%. Оставшиеся 15-20% составляют лигниногумусовый комплекс соединений. Тяжелые металлы в осадке суммарно не превышают 0,3%. Анионноактивными свойствами в осадке обладают жироподобные вещества, а катионноактивными – тяжелые металлы. Согласно п. 2.5.6 [3] схожие вещества используются для активации минеральных порошков. Исходя из вышесказанного можно сделать вывод, что органоминеральный порошок является активированным. Это и влияет на его конкурентоспособность относительно традиционного минерального наполнителя.

Таблица 1

Требования к мелкодисперсным наполнителям, используемым в качестве минерального порошка, в сравнении с органоминеральным порошком

№ п/п	Показатель	Нормы по маркам и видам минерального порошка согласно ГОСТ Р 52129-2003			Нормы характеристик минерального порошка марки МП-1 в зависимости от его вида (КОМПАНИЯ ЕЛАНЬ, г. Москва)		Органоми- нераль- ный порошок
		МП-1		МП-2	неактиви- рованный	активированный	
		неактиви- рованный	активиро- ванный				
1	Зерновой состав, % по массе: - менее 0,071 мм - менее 1,25 мм	80 100	70 100	40 95	71,3 100	69,8 100	80 100
2	Пористость, %, не более	35	30	40	31,6	29,6	36,36
3	Набухание образцов из смеси порошка с битумом, %, не более	2,5	1,8	3,0	2,2	1,6	2,35
4	Показатель битумоемкости, г, не более	не нормируется		80	56,6	58,3	59,27
5	Влажность, % по массе, не более	1,00	не нормируется	2,5	0,45	0,45	0,5

Исследования асфальто вяжущего вещества были выполнены для изучения взаимодействия битума с мелкодисперсным наполнителем и прогнозирования его влияния на свойства асфальтобетонной смеси.

Для испытаний свойств асфальто вяжущего с использованием различных видов мелкодисперсных наполнителей были использованы порошки с удельной поверхностью 400 м²/кг:

известняковый;
кварцевый минеральный порошок;
органоминеральный порошок;

зола от сжигания осадков сточных вод (зола ОСВ).

Для изготовления асфальто вяжущего использовали битум БНД 60/90.

Содержание мелкодисперсных наполнителей в битуме составляло 5, 10, 20, 40, 50%.

По ГОСТам были изучены пенетрация, температура размягчения по кольцу и шару, растяжимость (дуктильность) [4-6].

Температура размягчения асфальто вяжущих приведена в табл. 2.

Таблица 2

Температура размягчения асфальто вяжущего вещества

Вид мелкодисперсного наполнителя	Асфальто вяжущее, содержащее различные мелкодисперсные наполнители					
	Битум БНД 60/90	Битум + 5% МН	Битум + 10% МН	Битум + 20% МН	Битум + 40% МН	Битум + 50% МН
1	2	3	4	5	6	7
Известняковый порошок	47,5	47,5	48	49	54	58
Органоминеральный порошок	47,5	48	49	50,5	55	60
Зола от сжигания ОСВ	47,5	47,5	48	50	51	52
Кварцевый порошок	47,5	47,5	47,5	48	50	51

В табл. 3 и 4 приведены данные по растяжимости и пенетрации асфальто вяжущих веществ.

Таблица 3

Растяжимость (см) битума и битума, наполненного МП при 25°С

Вид мелкодисперсного наполнителя	Асфальто вяжущее, содержащее различные мелкодисперсные наполнители					
	Битум БНД 60/90	Битум + 5% МН	Битум + 10% МН	Битум + 20% МН	Битум + 40% МН	Битум + 50% МН
1	2	3	4	5	6	7
Известняковый порошок	94	83	78	57	40	23
Органоминеральный порошок	94	82	74	52	36	19
Зола от сжигания ОСВ	94	87	83	55	44	26
Кварцевый порошок	94	87	82	56	45	27

Таблица 4

Глубина проникновения иглы при 25°C, 0,1мм

Вид мелкодисперсного наполнителя	Асфальтовяжущее, содержащее различные мелкодисперсные наполнители					
	Битум БНД 60/90	Битум + 5% МН	Битум + 10% МН	Битум + 20% МН	Битум + 40% МН	Битум + 50% МН
1	2	3	4	5	6	7
Известняковый порошок	61	57	53	47,5	40	31
Органоминеральный порошок	61	58	55	49,5	38	30
Зола от сжигания ОСВ	61	59	57	54	46	38
Кварцевый порошок	61	60	59	56	48	40

Испытания асфальтовяжущего вещества, которое содержит известняковый, органоминеральный и кварцевый порошки, а также золу от сжигания ОСВ от 5 до 50% по массе, показали, что введение этих добавок снижает пенетрацию и растяжимость при 25°C и повышает температуру размягчения вяжущего вещества (табл. 2-4).

Выводы. Органоминеральный порошок оказывает положительное влияние на температуру размягчения, пенетрацию и растяжимость при изучении свойств асфальтовяжущего вещества. Показано, что асфальтовяжущие на органоминеральном порошке по качеству не уступают вяжущему на известняковом минеральном порошке, что дает возможность прогнозировать более высокое качество асфальтобетонной смеси при использовании в качестве мелкодисперсного наполнителя органоминерального порошка.

Л и т е р а т у р а

1. ГОСТ Р 52129-2003. Порошок минеральный для асфальтобетонных и органоминеральных смесей. Технические условия. – М.: Госстрой России, ФГУП ЦПП, 2004. – 33 с.

2. Бизирка И.И. Органоминеральный порошок из осадков сточных вод для производства дорожных асфальтобетонных смесей : автореферат дис. ... кандидата технических наук : [специальность] 05.23.05 – строительные материалы и изделия / Бизирка Ирина Ивановна ; [работа выполнена: Луганский национальный университет имени Владимира Даля ; место защиты: Донбасская национальная академия строительства и архитектуры]. – Макеевка, 2017. – 21 с.

3. Алексеенко В.В. Использование модифицированных минеральных порошков при производстве горячего асфальтобетона / В.В. Алексеенко, Ю.В. Салганова // Вестник науки и образования Северо-Запада России. – 2016, Т. 2, № 2. – С. 1-5. – URL: <http://vestnik-nauki.ru/wp-content/uploads/2016/04/2016-N2-Alekseenko.pdf> (дата обращения: 13.11.2023).

4. ГОСТ 11501-78. Битумы нефтяные. Метод определения глубины проникания иглы (с изменениями). – М.: СТАНДАРТИНФОРМ, 2009. – 5 с.

5. ГОСТ 11506. Битумы нефтяные. Метод определения температуры размягчения по кольцу и шару (с изменениями). – М.: СТАНДАРТИНФОРМ, 2009. – 5 с.

6. ГОСТ 11505. Битумы нефтяные. Метод определения растяжимости (с изменениями). – М.: СТАНДАРТИНФОРМ, 2006. – 5 с.

Bizirka I.I.

INFLUENCE OF VARIOUS FINE FILLERS ON THE PROPERTIES OF ASPHALT BINDING SUBSTANCE

The article studies the physical and mechanical characteristics of asphalt-binding materials. To study the effect of fine fillers on the properties of the asphalt binder, the following powders were used: limestone; quartz; organomineral; ash from incineration of sewage sludge (SWS). Based on the softening temperature, penetration and extensibility, the influence of various fine fillers on the properties of the asphalt binder substance was studied. It has been shown that asphalt binders based on organomineral powder are not inferior in quality to binders based on limestone mineral powder.

Keywords: fine fillers, asphalt binders, softening point, penetration, extensibility.

Бизирка Ирина Ивановна, кандидат технических наук, доцент кафедры промышленного, гражданского строительства и архитектуры ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля». **E-mail:** bizirkaira@mail.ru.

Bizirka Irina Ivanovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Industrial, Civil Engineering and Architecture «LSU named after V. Dahl».

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

Статья подана 22.11.2023

УДК 628.169:624.138

ВЛИЯНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ОСАДКЕ СТОЧНЫХ ВОД НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ ГРУНТОВ

Бизирка И. И., Хвортова М. Ю.

THE EFFECT OF HEAVY METALS IN SEWAGE SLUDGE ON THE ECOLOGICAL STATE OF ARTIFICIAL SOILS

Bizirka I. I., Khvortova M. Y.

В статье поставлена проблема утилизации осадков сточных вод из-за наличия тяжелых металлов в его составе. Изложены результаты исследования влияния тяжелых металлов в осадке сточных вод на экологическое состояние искусственных грунтов. По результатам испытаний выдвинута гипотеза о снижении негативного влияния осадков сточных вод на экологическое состояние искусственных грунтов путем понижения концентрации тяжелых металлов. Это может быть достигнуто за счет использования метода разбавления с различными видами грунтов и менее токсичными существующими отходами.

Ключевые слова: тяжелые металлы, осадок сточных вод, утилизация, искусственные грунты, токсикологическая опасность.

Введение. Осадки сточных вод (ОСВ) г. Луганска являются одним из основных отходов хозяйственно-бытовой деятельности населения города. Данная группа отходов непрерывно образуется, обрабатывается и зачастую размещается на территории очистных сооружений, которые располагаются в городской черте или вблизи земель сельскохозяйственного производства. Накопление отходов на территории очистных сооружений может представлять серьезную экологическую угрозу.

Однако отмечается низкий процент использования осадков, который обусловлен рядом причин. Прежде всего это наличие в ОСВ тяжелых металлов и возможность присутствия патогенной микрофлоры, а также их высокая влажность.

Цель работы – исследование влияния тяжелых металлов в осадке сточных вод на экологическое состояние искусственных грунтов.

Изложение основного материала. ОСВ являются одним из основных отходов хозяйственно-бытовой деятельности населения, который по

химическому анализу состоит из минеральной и органической составляющей, а также небольшого количества тяжелых металлов [1].

Повышенное содержание тяжелых металлов в осадке вызывает необходимость проведения постоянного мониторинга мест хранения с целью контроля биогенных элементов и потенциально токсичных веществ.

Одним из способов утилизации осадков сточных вод является использование осадка в сельском хозяйстве в качестве удобрения. Однако такое применение зачастую приводит к загрязнению почв тяжелыми металлами [2-7].

Представляет интерес исследовать влияние тяжелых металлов, содержащихся в осадке на экологическое состояние искусственных грунтов.

Результаты исследования. Были исследованы физические, механические, прочностные и деформационные свойства “лежалых” (с 1995 г.) осадков Луганской станции биологической очистки (СБО). В табл. 1 приведена характеристика осадков.

На основании этих данных произведено сравнение с различными видами осадков и со свойствами грунтов (почво-грунтов). Физико-механические, прочностные и деформационные исследования проводились в соответствии с методиками, приведенными в [8]. Нормы по токсикологии и санитарно-гигиенические критерии используются из [9].

За счет наличия в осадках тяжелых металлов они представляют токсикологическую опасность (табл. 2). Почва – та среда, в которой происходит накопление тяжелых металлов. Большая часть тяжелых металлов включается в почвообразовательные процессы, а некоторая часть поглощается растительностью.

Таблица 1

Химический состав осадков, %

Вид осадка	Объем, т	Химический состав осадков, %										п.п.
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MgO	CaO	P ₂ O ₅	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	
Осадок из буртов 1993-1995 гг. Октябрьской станции биологической очистки	50000	46,4	10,1	9,1	0,4	1,94	6,1	1,8	0,94	0,8	1,6	21,1
Осадок из буртов 1995 г. Вергунской станции биологической очистки	15000	16,7	7,7	7,2	0,15	1,94	11,4	3,9	0,62	0,3	3,59	46,4
Пескоплощадка	17000	62,5	6,93	12,4	0,64	0,97	4,32	0,3	0,87	0,63	0,72	10,1

Таблица 2

Критерии ПДК тяжелых металлов в почве, технические требования к осадкам по ПДК для удобрений, мг/кг

Наименование	As	Cr	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn	Cd
ПДК для почвы [4]	2,0	6,0	3,0	2,1	1500	4,0	32,0	23	5,0
ПДК для удобрений группы I* [1]	2,0	90	132	2,1	Не регламентируется	80	130	220	2
ПДК для удобрений группы II** [1]	10,0	500	750	7,5	Не регламентируется	200	250	1750	15

* Удобрения группы I: удобрения на основе осадков сточных вод, используемые для выращивания технических, кормовых, зерновых и сидеральных культур, в личном подсобном хозяйстве при выращивании рассады овощных и цветочных культур.

** Удобрения группы II: удобрения на основе осадков сточных вод, используемые под посадки лесохозяйственных культур вдоль дорог, в питомниках лесных и декоративных культур, цветоводстве, для окультуривания истощенных почв, рекультивации нарушенных земель и откосов автомобильных дорог, рекультивации свалок твердых бытовых отходов.

В табл. 3 приведен класс опасности основных тяжелых металлов по ГОСТ 12.1.007-76.

Таблица 3

Класс опасности химических веществ по ГОСТ 12.1.007-76

Класс опасности	Химические вещества
I	As, Cd, Hg, Se, Pb, Zn, F,
II	B, Co, Ni, Mo, Cu, Sb, Cr,
III	Ba, V, W, Mn, Sr

В табл. 4 приведено содержание тяжелых металлов в осадках.

Таблица 4

Содержание тяжелых металлов в ОСВ, мг/кг

Наименование	As	Cr	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn	Fe	Cd
Октябрьская СБО	н/о	760	480	4,8	1115	175	78	1014	50000	35
Вергунская СБО	н/о	1187	525	7,2	288	1120	148	2180	30000	320
Пескоплощадки	н/о	2840	1457	9,6	397	3100	259	1200	70000	1557

Из табл. 4 следует, что загрязненность осадков тяжелыми металлами такова, что они не могут быть использованы в качестве удобрений. Все дальнейшие мероприятия направлены на их складирование или уничтожение.

Выводы:

1. Выдвинута гипотеза о снижении негативного влияния осадков сточных вод на экологическое состояние почв и водных объектов путем понижения концентрации тяжелых металлов.

Это может быть достигнуто за счет использования метода разбавления с различными видами грунтов и менее токсичными существующими отходами.

2. Образующийся полезный продукт – искусственный грунт – может быть использован в качестве части почвы для растений непищевого назначения или в строительстве как основание для дорог, насыпей, площадок либо вертикальной планировки при создании искусственного ландшафта.

3. Использование осадков сточных вод в качестве грунтов различного назначения путем регулирования их состава позволит обеспечить эффективную работу очистных сооружений, снижение количества объемов накопленных осадков и поэтапное достижение нормативов по ПДК содержания тяжелых металлов в почвах.

Л и т е р а т у р а

1. Бизирка И.И. Органоминеральный порошок из осадков сточных вод для производства дорожных асфальтобетонных смесей : автореферат дис. ... кандидата технических наук : [специальность] 05.23.05 – строительные материалы и изделия / Бизирка Ирина Ивановна ; [работа выполнена: Луганский национальный университет имени Владимира Даля ; место защиты: Донбасская национальная академия строительства и архитектуры]. – Макеевка, 2017. – 21 с.

2. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. Л.: Агропромиздат. Ленинград, отделение, 1987. 142 с.

3. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почво-растение. Новосибирск: Наука. 1991, 151 с.

4. Касатиков В.А. Влияние осадков городских сточных вод на микроэлементный состав почв // Почвоведение. № 9. 1991. С. 41-49.

5. Плеханова И.О., Кутукова Ю.Д., Обухов А.И. Накопление тяжелых металлов сельскохозяйственными растениями при внесении осадков сточных вод // Почвоведение. 1995. № 12. С. 1530-1535.

6. Плеханова И.О., Кленова О.В., Кутукова Ю.Д. Влияние осадков сточных вод на содержание и фракционный состав тяжелых металлов в супесчаных дерново-подзолистых почвах // Почвоведение; 2001, № 4, с. 496-503.

7. Бушуев Н.Н., Шуравилин А.В. Влияние внесения осадков сточных вод на загрязнение почв тяжелыми металлами // Плодородие №4-2014, с. 40-41.

8. ГОСТ 5180-2015. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик. – Введ. 2019-02. – М.: Стандартиформ, 2019. – 20 с.

9. СанПиН 2.1.7.1322-03. Гигиенические требования к размещению и обезвреживанию отходов производства и потребления. – Введ. 2003-04-30. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 16 с.

Bizirka I.I., Khvortova M. Y.

THE EFFECT OF HEAVY METALS IN SEWAGE SLUDGE ON THE ECOLOGICAL STATE OF ARTIFICIAL SOILS

The article raises the problem of wastewater sludge utilization due to the presence of heavy metals in its composition. The results of the study of the influence of heavy metals in sewage sludge on the ecological state of artificial soils are presented. According to the test results, a hypothesis has been put forward to reduce the negative impact of wastewater precipitation on the ecological condition of artificial soils by reducing the concentration of heavy metals. This can be achieved by using the dilution method with different types of soils and less toxic existing waste.

Key words: heavy metals, sewage sludge, recycling, artificial soils, toxicological hazard.

Бизирка Ирина Ивановна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Промышленное, гражданское строительство и архитектура» ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

E-mail: bizirkaira@mail.ru.

Хвортובה Марина Юрьевна, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Промышленное, гражданское строительство и архитектура» ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

E-mail: mkhvortova@mail.ru

Bizirka Irina Ivanovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of "Industrial, civil engineering and architecture" «LSU named after V. Dahl».

Khvortova Marina Yurievna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of "Industrial, civil engineering and architecture" «LSU named after V. Dahl».

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

Статья подана 01.12.2023

УДК 678.74.002.5

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ДЕФОРМИРОВАННОГО ПОЛИМЕРА В МАТЕМАТИЧЕСКОМ ВИДЕ

Гапонов А. В.

REPRESENTATION OF A DEFORMED POLYMER IN A MATHEMATICAL FORM

Gaponov A. V.

При производстве изделий из полимеров важным аспектом является понимание процесса деформации многослойного полимера. Для этого был составлен математический расчет, который позволяет описать такую деформацию. В ходе исследования были выведены математические зависимости, особенно в процессе высокоэластичной деформации. Высокоэластичность – это способность материала сохранять свою форму после удаления силы, вызывающей деформацию. Определены зависимости между уровнем высокоэластичной деформации и безразмерным временем при различных скоростях деформирования. Эти зависимости позволяют прогнозировать поведение многослойного полимера при деформации в разных условиях. Такая информация может быть полезной при разработке новых изделий из полимеров или улучшении процесса производства. Выводы данного исследования представляются в форме математических зависимостей и могут быть использованы как справочный материал для специалистов, работающих в области полимерной индустрии.

Ключевые слова: математическая модель, полимерные материалы, высокоэластичная деформация, скорости деформации.

Высокие темпы развития производства пластических масс связаны с широким использованием их благодаря ценным техническим свойствам, которые делают пластмассы незаменимыми во многих областях техники и в производстве широкого ассортимента предметов народного потребления. Однослойные и многослойные полимерные пленки широко применяются для упаковки различных продуктов питания, лекарственных препаратов и косметических товаров. Одним из способов превращения пластических масс в изделия является процесс экструзии.

Целью данной работы является разработка математического расчета для представления многослойного полимерного материала в процессе деформации при производстве изделий из полимеров. Этот расчет позволит определить

параметры деформации и влияние различных факторов на процесс формирования пластмассовых изделий. Точное знание взаимодействия различных слоев полимерного материала и их поведение во время деформации позволит улучшить качество и эффективность производства и создать более прочные и функциональные изделия из пластических масс.

Материалы и результаты исследований.

При расчете материала каждого из слоев заготовки использована модель вязко-пластического материала, позволяющая определять параметры напряженно-деформированного состояния на поверхностях и внутри каждого слоя с учетом изменения вязкости полимера в условиях неравномерного охлаждения и контактного взаимодействия слоев. В процессе раздува заготовки скорость деформации представляет собой сумму скоростей упругой и пластической деформации:

$$\{\dot{\epsilon}\} = \{\dot{\epsilon}^e\} + \{\dot{\epsilon}^v\} = \frac{\{\sigma\}}{2G} + \frac{\{\sigma\}}{2\nu}, \quad (1)$$

где G - модуль сдвига; ν - коэффициент Пуассона.

Приращение напряжений внутри j -го элемента за время одного шага расчета:

$$d\sigma_{ij} = 2G\dot{\epsilon}_{ij}dt - \frac{G}{\nu}dt\sigma_{ij}. \quad (2)$$

Полученные интенсивности напряжений сравниваем с напряжением течения для проверки соблюдения условия пластичности.

Выражение (2) можно представить следующим образом:

$$d\sigma_{ij} = K(\dot{\epsilon}_{1j} + \dot{\epsilon}_{2j} + \dot{\epsilon}_{3j})dt + 2G\dot{\epsilon}_{3j}dt - \frac{G}{\nu}dt\sigma_{ij}. \quad (3)$$

Компоненты тензора скоростей деформации с учетом (3) выразим как:

$$\dot{\epsilon}_{3j} = -a(\dot{\epsilon}_{1j} + \dot{\epsilon}_{2j}) + b p_j, \quad (4)$$

$$\text{где } a = -\frac{\left(K - \frac{2}{3}G\right)}{\left(K + \frac{4}{3}G\right)}, \quad b = \frac{Gdt}{\left(K + \frac{4}{3}G\right)\nu}, \quad p_j = -\frac{\sigma_{1j} + \sigma_{2j} + \sigma_{3j}}{3}.$$

Следовательно:

$$\dot{\varepsilon}_{1j} = \frac{bp_j - a\dot{\varepsilon}_{2j} - \dot{\varepsilon}_{3j}}{a}, \quad \dot{\varepsilon}_{2j} = \frac{bp_j - a\dot{\varepsilon}_{1j} - \dot{\varepsilon}_{3j}}{a}. \quad (5)$$

Изменение вязкости μ при изменении температуры характеризуется следующим уравнением:

$$\mu = \mu_0 10^{\left(\frac{A}{T-B} + C\right)}, \quad (6)$$

где A , B , C – коэффициенты изменения вязкости.

Полимерные материалы в вязкотекучем состоянии обладают способностью накапливать значительные обратимые деформации. Уровень таких деформаций может зависеть от скорости и кинематики деформирования материала и неизбежно отличаться от уровня общей деформации. Важно отметить, что эти обратимые деформации имеют влияние на эксплуатационные свойства многослойной упаковки, так как они снижают прочность взаимодействия между слоями, особенно в случае наличия слоя вторичных полимеров.

Прочность соединения слоев многослойного полимерного материала в общем случае характеризуется работой изотермического разрушения W_p :

$$W_p = W_A - W_\sigma, \quad (7)$$

где $W_A = 2\gamma$ – работа адгезии; γ – удельная поверхностная энергия слоя полимера; W_σ – работа внутренних напряжений против сил межмолекулярных слоев полимерного материала.

Ориентационные эффекты при раздуве заготовки обусловлены развитием только высокоэластической составляющей общей деформации (ВЭД). Определение величин ВЭД в каждом слое многослойной полимерной емкости ставит задачу моделирования деформационного поведения вязкоупругой среды, для описания которого применена модель нестационарного, нелинейного, изотермического процесса.

Выбор этой модели обусловлен, во-первых, наличием известных нелинейных эффектов и, во-вторых, неравновесным процессом деформирования заготовки, так как в процессе раздува вязкость полимеров непрерывно изменяется. Анализируя систему определяющих уравнений выбранной реологической модели, получим дифференциальное уравнение для оценки уровня обратимых деформаций в каждом слое.

$$\frac{dC}{dt} = 2E_e C - \beta \frac{C}{1 + \Gamma^{-1}} \left[(C^2 + C - C^{-1} - C^{-2}) + \frac{1}{\Gamma} \frac{C - C^{-2}}{2C + C^{-2} + 2} + \frac{1}{\Gamma} \frac{C^2 - C^1}{2C^{-1} + C^2 + 2} \right], \quad (8)$$

где $E_e = \xi \cdot \Theta_0^{-1}$ – безразмерная скорость деформирования; $\bar{t} = t \cdot Q_0^{-1}$ – безразмерное время; t – время деформирования; ξ – скорость общей деформации, $\Gamma = \frac{2\mu}{(\mu_0 - 2\mu)}$; Θ – время релаксации в ньютоновской области; C – коэффициент изменения вязкости; μ – константа эластичности материала; μ_0 – модуль Гука; β – безразмерный параметр, характеризующий гибкость макромолекул (0,2 – Полиэтилен высокой плотности (ПЭВП), 0,39 – Полиэтилен низкой плотности (ПЭНП)).

Динамику процесса раздува можно описать следующим образом. Скорость раздувного формования определяем по формуле:

$$\dot{\xi}(\tau) = \frac{\xi(0)}{1 + 2\xi(0)\tau}, \quad (9)$$

где $\xi(0)$ – скорость деформирования заготовки в начальный момент времени:

$$\xi(0) = \frac{1}{2} \left(\frac{P_0}{P_u} \right)^{-1/K} \left(\frac{G_u}{V_0} \right), \quad (10)$$

где P_0 – давление в заготовке; P_u – давление раздува; V_0 – начальный объем заготовки, $G_u = \mu W S_H$, где: G_u – объемный расход поступающего в заготовку газа; W – скорость истечения газа в заготовку; S_H – площадь поперечного сечения отверстия иглы; $\mu = 0,6$ – коэффициент расхода подводящей системы, учитывающий потери в подводящем трубопроводе; K – показатель адиабаты = 1,4 (для воздуха).

Уравнения позволяют определить скорость деформирования заготовки, время раздува до заданного объема V_1 :

$$V_1 = V_0 + \left(\frac{P_0}{P_U} \right)^{-1/K} G_U \tau. \quad (11)$$

На рис. 1 показано увеличение ВЭД с повышением скорости деформирования, причем при скоростях деформирования ниже некоторого критического значения уровень ВЭД достигает постоянного значения и в дальнейшем не возрастает, а при $E_c > [E_c]_{кр}$ их уровень постоянно возрастает. Критическая скорость растяжения:

$$\xi_{hp} = (2t_m)^{-1}, \quad (12)$$

где $t_m = \mu_F / G$ - время релаксации материала; μ_F - ньютоновская вязкость; G - модуль сдвига.

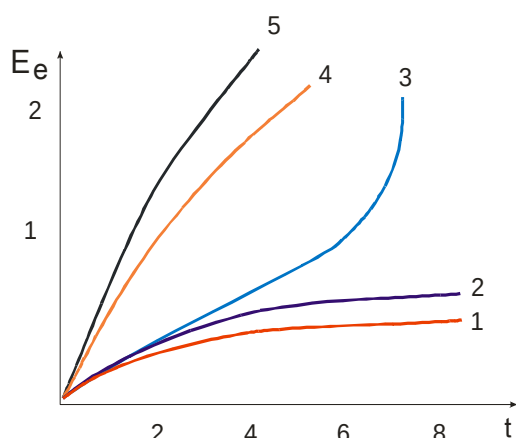


Рис. 1. Зависимость уровня ВЭД от безразмерного времени при различных скоростях деформирования для ПЭНП: $E = 0,2$; $E = 0,35$; $E = 0,4$; $E = 1,25$; $E = 8,7$

Выводы. Время релаксации материала в ньютоновской области его течения при температуре его переработки определяют как отношение ньютоновской вязкости к модулю упругости, для ПЭНП оно составило $t_m = 0,5$ с. Если время деформирования $t_d < 0,1 \Theta$, то в деформированном материале имеются только высокоэластические деформации.

Раздув многослойной заготовки в форме осуществляют со скоростью, при которой сохраняется целостность всех слоев при растяжении. Скорость раздувного формования легко регулируется давлением подаваемого воздуха. Максимальное давление, при котором не происходит разрыва стенок, составляет 0,4 - 0,5 МПа. В то же время при малом давлении раздува заготовка слабо прижимается к стенкам формы, поэтому появляются неровности на поверхности полимерной тары. Также, поскольку изделие имеет плохой контакт со стенками формы, резко снижается время охлаждения в процессе вторичного формования и, соответственно, падает

производительность комплекса в целом. На основе таких критериев нижний порог давления раздува составляет 0,1 - 0,15 МПа.

Л и т е р а т у р а

1. Основы технологии переработки пластмасс / С.В. Власов, Э.Л. Калиничев, Л.Б. Кандырин / под ред. В.Н. Кулехнева и В.К. Гусева. - М.: Химия, 2004. - 596с.
2. Rauwendaal C. Polymer extrusion.- Munich, Hauser Garduer, 2001. - 777р.
3. Скачков В.В., Торнер Р.В. Моделирование и оптимизация экструзии полимеров. - Л.: Химия, 1985. - 471 с.
4. Steller R.T. Theoretical Model for Flow of Polymer Melts in the Screw Channel, Polym. Eng. Sci. - 1990. - Vol.30. - No.7. - P. 400-407.

Гапонов А.В.

REPRESENTATION OF A DEFORMED POLYMER IN A MATHEMATICAL FORM

In the production of polymer products, an important aspect is to understand the deformation process of a multilayer polymer. For this purpose, a mathematical calculation was made that allows us to describe such a deformation. In the course of the study, mathematical dependencies were found, especially in the process of highly elastic deformation. High elasticity is the ability of a material to retain its shape after removing the force causing deformation. The dependences between the level of high-elastic deformation and dimensionless time at different deformation rates are determined. These dependencies make it possible to predict the behavior of a multilayer polymer under deformation under different conditions. Such information can be useful when developing new polymer products or improving the manufacturing process. The conclusions of this study are presented in the form of mathematical dependencies and can be used as a reference material for specialists working in the field of polymer industry.

Keywords: mathematical model, polymeric materials, highly elastic deformation, deformation rates.

Гапонов Александр Вячеславович, к.т.н., доц., заведующий кафедрой «Общеобразовательные дисциплины» Института строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля»

Гапонов Alexander Vyacheslavovich, Candidate of Technical Sciences, associate professor, Head of the Department of "General Educational Disciplines" of the Institute of Construction, Architecture and Housing and Communal Services «LSU named after V. Dahl»

Рецензент: Андрийчук Николай Данилович, доктор технических наук, профессор, директор Института строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 10.12.2023

УДК 016: 628.4

ПОЛИМЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ПРОБЛЕМА ПЕРЕРАБОТКИ ИХ ОТХОДОВ**Демьяненко Т. И.****POLYMER MATERIALS AND THE PROBLEM OF PROCESSING THEIR WASTE****Demyanenko T. I.**

Количество пластиковых отходов с каждым годом увеличивается, потому что возрастает производство изделий из пластика. Данные изделия не просто засоряют окружающую среду, но и загрязняют основные оболочки Земли.

Со временем пластик практически не разлагается. При сжигании пластиковых отходов выделяются крайне токсичные вещества, которые с трудом выводятся из окружающей среды и организма человека. Поэтому изделия из пластика должны быть переработаны.

Проблема переработки отходов полимерных материалов получает актуальность не только в связи с охраной окружающей среды, но и в связи с дефицитом полимерного сырья.

Ключевые слова: отходы полимерных материалов, полимерное сырье, токсичные вещества, биоразлагаемые полимеры.

Цель работы: проанализировать, насколько эффективными являются методы переработки пластиковых отходов в Луганской области.

Пластик является самым часто встречающимся видом мусора — ежегодно около 100 миллионов тонн пластмассы выбрасываются в окружающую среду, нанося ей непоправимый вред. В среднем около 9 500 000 тонн пластика ежегодно попадает в мировой океан, образуя мусорные острова, от которых страдают обитающие в океане живые существа. Пластиковые изделия составляют до 80 % отходов, загрязняющих мировой океан.

Пластиковые отходы не разлагаются и наносят огромный ущерб окружающей среде. Период естественного разложения пластмасс достигает несколько сотен лет, поэтому переработка отходов является частью глобальной попытки сократить объём вредных веществ, поступающих в окружающую среду.

Ежесекундно в мире создаётся около 20 000 ПЭТ-бутылок, а в минуту продаётся около 1 000 000. Ежегодно среднестатистический человек производит более 50 килограммов пластиковых отходов, большинство из которых составляют ПЭТ-бутылки и другие упаковки от продуктов питания. Детали и элементы современного оборудования попадают на свалки как от собственников, так и напрямую с заводов по причине брака.

Ежегодный прирост потребления пластика составляет до 8 % в год. В странах Европейского союза перерабатывается только около 25-30 % пластика, в США – 8 %, в то время как в развивающихся странах переработка практически не осуществляется. Всего в мире переработке подвергается около 14 % потребляемого материала. Большинство пластиковых отходов собирается на полигонах или разлагается в природе. Согласно прогнозам, если существующее положение дел останется без изменений, к 2050 году на полигонах будет храниться около 12 миллиардов тонн пластика.

В основе методов переработки пластиковых отходов можно выделить физические и химические процессы.

Метод переработки пластиковых отходов состоит из нескольких этапов:

- сбор;
- сортировка (по цвету, по качеству, чистые/грязные отходы);
- прессование;
- собственно переработка (резка, промывка, сушка, производство регранулята);
- производство новой продукции.

Существует несколько способов переработки пластика

1. **Пиролиз** – термическое разложение веществ, которое происходит в присутствии кислорода или другого окислителя.

2. **Гидролиз** происходит под действием экстремальных температур и давления. Этот способ использования отходов энергетически более выгодный, чем пиролиз, т. к. в оборот возвращаются высококачественные химические продукты.

3. **Гликолиз** – деструкция протекает при высоких температурах и давлении в присутствии этиленгликоля и катализатора до получения чистого продукта. Этот способ более экономичен, по сравнению с гидролизом.

4. **Метанолиз** – расщепление отходов с помощью метанола. Метод является самым распространенным термическим способом переработки пластика.

5. **Механический рециклинг** – вторичная

переработка (способ не требует дорогого специального оборудования и может быть реализован в любом месте накопления отходов).

Луганск начнет внедрение раздельного сбора мусора после запуска нового комплекса по переработке отходов.

15 организаций по производству пластмассы и полимеров работают в Луганске – Луганский завод «Полимер», НПФ «Полимерформ», «Энеогресурс», «Вито-пласт», «Карбопласт» и другие. Многие из них могут работать по программе переработки пластиковых отходов.

В городе Луганске услуги по утилизации отходов предоставляют 16 организаций. Компаниями на профессиональном уровне осуществляется утилизация пластика, а также изделий на его основе. Предприятия предлагают услугу по переработке: сортировка, очистка, дробление, агломерация и гранулирование. Организация ответственно подходит к выполнению взятых на себя обязательств, работы по погрузке, транспортировке, а также утилизации пластмассы выполняются посредством профильной, специализированной техники. Внедряются линии по сортировке ТБО, ангарного типа. Быстро, дешево, надежно включается в работу ленточный конвейер.

В настоящее время самым приемлемым методом переработки пластика для Луганска остается рециклинг механический.

Проект по переработке пластиковых отходов реализуется на территории столицы Республики под контролем администрации Луганска, а также при методической и консультативной помощи Минприроды. Общество с ограниченной ответственностью "ЭКОВТОР" осуществляет сбор, сортировку и переработку ПЭТ-бутылок с целью получения очищенных от этикетки и всех загрязнений ПЭТ-хлопьев.

На первом этапе было спланировано установить 200 "пирамидок" для сбора отходов на 180 площадках, а на втором — увеличить количество пунктов. Этот проект успешно развивается.

Сфера применения ПЭТ-хлопьев очень широка. Из них можно делать высококачественную крепезную ленту, гранулят, волокно, нетканые материалы, геотекстиль, упаковочную пленку, пластиковую тару, полиэстерные нитки, синтепон, литые и другие изделия. Оборудование, на котором планируется переработка пластиковых бутылок, включает этикеткоудалитель, дробилку, флотационную ванну, горячую и фрикционную мойки, сушильную машину и другое вспомогательное оборудование, обеспечивая полный цикл производства хлопьев.

Радикальным решением проблемы полимерного мусора, по мнению некоторых специалистов, является создание биоразлагаемых полимеров, которые распадаются на безвредные для живой и неживой природы вещества. Сначала

разрабатывались полимеры, способные выдерживать воздействие факторов окружающей среды. Теперь концепция поменялась: сейчас нужны полимеры, которые сохраняют эксплуатационные характеристики в течение срока службы (потребления), а затем претерпевают превращение под действием факторов окружающей среды и включаются в естественный процесс обмена.

Биопластики разлагаются с течением времени под действием природных факторов. Считается, что полимерные материалы на основе растительного сырья (зерновых, древесины, крахмала, полисахаров) разлагаются на полностью безопасные компоненты: воду, диоксид углерода, биомассу и другие естественные природные соединения, т. е. обеспечивают абсолютную экологичность процессов утилизации. К тому же запасы растительного сырья могут возобновляться вечно. Однако все не так просто, как кажется на первый взгляд. Для того чтобы идея биоразложения полимерного материала реализовалась, необходима совокупность трех основных факторов:

- соответствующие условия окружающей среды;

- наличие микроорганизмов селективно действующих на полимерный материал;

- полимерные материалы определенной химической структуры.

Самый перспективный и многообещающий пластик для химической промышленности – полилактид. Спектр его использования обширен: ламинирование бумаги для упаковки, посуда для микроволновых печей, мешки для отходов, одноразовая посуда, упаковка для пищевых продуктов.

Биоразлагаемые материалы с активным растительным наполнителем впервые появились в 70 – 80 гг. XX века на рынке упаковки США, Италии, Германии. Это были композиции крахмала с различными синтетическими полимерами.

В настоящее время доступными считаются более 30 различных полимеров, которые находят широкое применение не только на рынке упаковки, но и в текстильной промышленности, с/х, медицине, строительстве. Практически все крупные фирмы в области производства полимерной продукции предложили свой ассортимент биоразлагаемых материалов. Рынок биоразлагаемых полимеров является одним из наиболее быстроразвивающихся сегментов агрохимического комплекса в странах Америки, Европы, Японии.

Но биоразлагаемые полимеры не решают экологической проблемы:

- трудно регулировать скорость распада на свалках под воздействием факторов окружающей среды;

- довольно высокая стоимость биоразлагаемых полимеров;

- безвозвратная потеря ценных сырьевых ресурсов, в том числе пищевых, особенно с учетом

наличия голода в отдельных регионах мира;

- технологические трудности производства биоразлагаемых полимеров;

- полностью не доказана безопасность таких материалов и продуктов их распада на растительный и животный мир.

Поэтому, по мнению ряда специалистов, избавление от отходов полимеров путем создания и применения биоразлагаемых материалов должно иметь контролируемое применение, а возможно, и ограниченное. Обсуждается и моральный аспект проблемы: имеет ли человечество право использовать с/х сырье для производства химической продукции, если в мире существует голод?

Вторичная переработка является основным путём решения проблемы пластикового загрязнения. В результате процессов переработки образуются дополнительные продукты для других отраслей промышленности, а природа загрязняется в гораздо меньшей степени.

Литература

1. Пономарёва В.Т., Лихачёва Н.Н., Ткачик З.А. Использование пластмассовых отходов за рубежом // Пластические массы. – 2002. – 5. – С. 44 – 48.

2. Вторичные ресурсы: проблемы, перспективы, технология, экономика : учеб. пособие / Лобачев Г.К., Желтобрюхов В.Ф. и др. – Волгоград: Изд. ВолГУ, 1999. – 180 с.

3. Масленников А. Вторая жизнь // PakkoGraff. – 2004. – No 8. URL: <http://www.pakkograff.ru/reader/articles/materials/polymers/1069.php> (дата обращения: 12.03.2021).

4. Одесс В.И. Вторичные ресурсы: хозяйственный механизм использования. – М.: Экономика, 1988. – 160 с.

5. Переработка отходов ПЭТ // GalPET official site. 2007. URL:

<http://www.galpet.com.ua/pererabotka-othodov-pet#a4> (дата обращения: 12.03.2021).

6. Бордунов В.В. и др. Перспективные полимерные волокнистые материалы для очистки воздуха // Известия Томского политехнического университета. – 2002. – Т.

305. – Вып. 3: Проблемы и перспективы технологий атомной промышленности: тематический выпуск. – С. 222 – 226.

7. Клинков А.С. и др. Утилизация и вторичная переработка тары и упаковки из полимерных материалов. – Тамбов: Изд. ТГТУ, 2010. – 100 с.

Demyanenko T. I.

POLYMER MATERIALS AND THE PROBLEM OF PROCESSING THEIR WASTE

The amount of plastic waste is increasing every year because the production of plastic products is increasing. These products not only pollute the environment, but also pollute the main shells of the Earth.

Over time, plastic practically does not decompose. When plastic waste is burned, extremely toxic substances are released that are difficult to remove from the environment and the human body. Therefore, plastic products must be recycled.

The problem of recycling waste polymer materials is becoming relevant not only in connection with environmental protection, but also due to the shortage of polymer raw materials.

Keywords: waste polymer materials, polymer raw materials, toxic substances, biodegradable polymers.

Демьяненко Татьяна Игоревна, старший преподаватель кафедры общеобразовательных дисциплин института строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

Demyanenko Tatyana Igorevna, senior lecturer of the Department of General Education at the Institute of Construction, Architecture and Housing and Communal Services of the «LSU named after V. Dahl».

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

Статья подана 11.11.2023

УДК 628.169:624.138

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛЕЖАЛЫХ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД В СТРОИТЕЛЬСТВЕ В КАЧЕСТВЕ ИСКУССТВЕННЫХ ГРУНТОВ

Дрозд Г. Я., Хвортова М. Ю., Бизирка И. И.

THE USE OF STALE SEWAGE SLUDGE IN CONSTRUCTION AS ARTIFICIAL SOILS

Drozd G. Y., Khvortova M. Y., Bizirka I. I.

В статье поставлена проблема отсутствия классификации осадков сточных вод (ОСВ) по продолжительности хранения и технологий их утилизации. Изложены результаты исследования физико-механических, прочностных и деформационных свойств лежалых осадков с позиций грунтов. По результатам деформационных испытаний, полученные характеристики искусственных грунтов позволяют утверждать о возможности использования их в строительстве как грунта для обратной засыпки, основания для дорог, насыпей, площадок либо вертикальной планировки при создании искусственного ландшафта.

Ключевые слова: осадки сточных вод, грунт, тяжелые металлы, искусственные основания, предельно допустимые концентрации, утилизация.

Введение. Осадки сточных вод (ОСВ) – это суспензии, выделяемые из сточных вод в процессе их механической, биологической и физико-химической очистки. Осадки подразделяются на: грубые примеси (решетки) – отбросы; тяжелые примеси (песколовки) – песок; плавающие примеси (отстойники) – жировые вещества; сырой осадок (первичный отстойник) – оседающие взвешенные вещества; активный ил (вторичный отстойник) – комплекс микроорганизмов с частично окисленными после биологической очистки; осадок, анаэробно сброженный (в осветлителях – перегнивателях, 2-х ярусных отстойниках) в метантенках; аэробно стабилизированный активный ил или его смесь с осадком из первичных отстойников; сгущенный или уплотненный активный ил или осадок; осадок, обезвоженный на механических препаратах; осадок, подсушенный на иловых площадках; осадок, термически высушенный в сушилках. Следовательно, при разном технологическом цикле очистки получают разнообразные типы осадков. Они по составу резко различаются друг от друга, это и обосновывает их дальнейшее применение и возможный способ утилизации. В принятой классификации не учитывается наличие накопленных осадков.

Поэтому предлагается с целью улучшения способов и технологий утилизации твердых примесей сточных вод ввести отдельную классификацию лежалых осадков.

Цель работы – исследование свойств осадков с позиций почвогрунтов, оценка качества отхода для определения перспективных способов их утилизации.

Изложение основного материала. Применяются следующие способы утилизации осадка: складирование (депонирование), применение в сельском хозяйстве, компостирование, сброс в море, сжигание. Эти способы предназначены для только что образованных осадков. В сельском хозяйстве можно использовать не более 1/3 накопленных осадков. Это связано с тем, что остальные 2/3 осадков не удовлетворяют требованиям нормативов по содержанию тяжелых металлов, устанавливающих рамки использования их как удобрения [1]. Для накопленных «лежалых» осадков технологии утилизации (кроме захоронения) отсутствуют. Все мероприятия направлены на их уничтожение путем сжигания. Исследование свойств накопленного осадка представляет интерес на предмет его использования в качестве искусственных грунтов.

Результаты исследования. Природные грунты являются верхней частью выветривания литосферы, которые почти на 90% представлены минералами [2]. В грунтах также присуща вода, газы и органические вещества, которые являются его неотъемлемой частью. Органика грунтов представлена химическими компонентами растений, бактерий и грибов, а также продуктов их дальнейшего взаимодействия и трансформации. Органические остатки растений, микроорганизмов и животных являются источниками гумуса. Химический состав органических остатков очень многообразен [2]: вода (70 – 90%), белки, липиды, лигнин, смолы, воски. Большое количество этих соединений высокомолекулярны (мол. масса 10^4 –

10⁶). Как известно, осадки сточных вод, как и природные грунты, состоят из следующих составляющих: минеральная, органическая и микробиологическая. Минеральная часть в осадках находится в пределах 54 – 90% (химический состав приведен в табл. 1). В лежалых осадках, процесс стабилизации которых давно завершился, органическая составляющая отличается от грунтов. Она представлена в основном живой и отмершей микрофауной, растительными остатками и семенами растений. В осадке присутствуют в малом количестве синтетические моющие вещества, денатурированные белки и смолистые соединения, которые трудно разрушаются биологическим путем. Присутствие в составе осадка ионов тяжелых металлов обуславливает их токсикологическую опасность.

Таблица 1
**Химический состав минеральной части грунта
и осадка сточных вод**

Химические соединения	Грунт, %	Осадок сточных вод
SiO ₂	40-70	14-54
Al ₂ O ₃	1-20	4.2-12
Fe ₂ O ₃	0.5-10	3.4-13.9
CaO	1-3	4.3-12.5
MgO	Близок к 1-3	0,39-4,5
K ₂ O	2-3	0,5-0,8
Na ₂ O	1-3	0,5-0,6
SO ₃	< 1	3,2-4

Наличие тяжелых металлов обуславливает связывание гумусовых веществ, а также делает их менее подвижными. Высокие дозы тяжелых металлов способны снизить численность почвенных микроорганизмов и интенсивность основных микробиологических процессов. Присутствует вероятность миграции тяжелых металлов из осадков через почву, растения и животных. В пригородных зонах больших городов фоновое содержание этих металлов существенно превышает ПДК для почв [3]. Поэтому в некоторых случаях осадок меньше токсичен, чем почва. Существенно снизить концентрацию тяжелых металлов возможно при использовании меда разбавления осадка грунтами. Применение этих грунтов как почв допустимо в земледелии при выращивании культур непищевого назначения.

Наиболее подходящая классификация для осадков сточных вод – искусственные грунты. Среди них выделяют: уплотненные в природном залегании, насыпные и намывные [4]. Общими характеристиками для искусственных грунтов являются преобразованные различными способами или перемещенные грунты природного происхождения и отходы производственной и хозяйственной деятельности человека. Насыпные грунты подразделяются на свалки грунтов, отходов производств и бытовых отходов. В эту категорию можно условно поместить осадки сточных вод.

Сравнивая осадки и свалки грунтов, отходы производств и бытовые отходы, можно сделать вывод, что «лежалые» осадки сточных вод, как и насыпные, можно охарактеризовать неоднородным составом и сложением, неравномерной плотностью и сжимаемостью, наличием органики. Эти грунты подразделяются на виды по степени уплотнения от собственного веса: слежавшиеся – процесс уплотнения закончился; неслежавшиеся – процесс уплотнения продолжается.

Наличие органического вещества в виде гумуса (полностью разложившиеся остатки растительных и живых организмов) является отличительным признаком осадков сточных вод. Содержание органического вещества не превышает 10%, а также белков и ПАВ (совместно с гумусом более 10%). Поэтому осадки сточных вод можно отнести к заторфованным грунтам, содержащим в своем составе от 10 до 50% по массе органических веществ.

В качестве грунтов могут использоваться осадки. Для этого были определены физические показатели трех различных видов осадков: №1 – осадок с буртов Октябрьской станции биологической очистки; №2 – осадок с Вергунской станции биологической очистки; №3 – песок с пескоплощадок. У осадков №1 и №2 число пластичности I_p больше единицы – это говорит о том, что грунт является пылевато-глинистым, а у образца №3 – равно нулю (подгруппа песчаных). №1 и №2 – просадочные и ненабухающие, а образец №3 – песок рыхлый.

Таким образом, образцы №1, №2 и №3 относятся к слабым грунтам и являются структурно-неустойчивыми. Просадочные грунты – №1 и №2 и рыхлые пески – №3 дадут под нагрузкой большие деформации и без дополнительных мероприятий по искусственному улучшению не смогут быть естественным основанием для сооружений.

По результатам компрессионных испытаний грунтов в лабораторных условиях были определены деформационные характеристики искусственных насыпных грунтов № 1, № 2 и № 3, модуль деформации и коэффициент сжимаемости. По методике [7] образец был нагружен ступенями по 0,1 МПа и выдержан во времени до наступления стабилизации осадки грунта, для того чтобы плотность соответствовала приложенной нагрузке. Коэффициент пористости грунта, соответствующий каждой ступени нагрузки, определяли по формуле:

$$e_i = e_0 - \frac{\Delta h}{h}(1 + e_0), \quad (1)$$

где e_0 – начальный (до сжатия) коэффициент пористости грунта, Δh – фактическая деформация образца, h – высота образца.

Основные деформационные характеристики a и E : $a > 1 \text{ МПа}^{-1}$ – грунт сильносжимаемый; $1 > a > 0,1 \text{ МПа}^{-1}$ – грунт средней сжимаемости; $a \leq 0,1 \text{ МПа}^{-1}$ –

слабосжимаемый были найдены по компрессионной кривой.

Коэффициент сжимаемости a , приведенный коэффициент сжимаемости a_0 и модуль деформации грунта E определены по формулам:

$$a = \frac{e_1 - e_2}{p_1 - p_2}; a_0 = \frac{a}{1 + e_1}; E = \beta / a_0, \quad (2-4)$$

где e_1 и e_2 – коэффициенты пористости грунта, соответствующие давлениям p_1 и p_2 , β – функция Пуассона (для песчаных грунтов $\beta = 0,8$, для супесей – 0,74, для суглинков – 0,62, для глин – 0,4).

Такие мероприятия, как: поверхностное уплотнение, глубинное уплотнение, устройство грунтовых подушек, прорезка насыпных грунтов глубокими фундаментами и т.п., предусматриваются для получения расчетных деформаций, которые не превышают предельных или недостаточной несущей способности основания [4]. В лабораторных условиях было симитировано поверхностное уплотнение, где нагрузка составила 1 кг/см². Деформационные характеристики были определены по ранее описанной методике. Результаты компрессионных испытаний осадка приведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты компрессионных испытаний осадка

Тип осадка	№1	№2	№3
Модуль деформации E в естественном состоянии, МПа	2,53	1,97	1,74
Коэффициент сжимаемости a в естественном состоянии, МПа ⁻¹	0,56 средней сжимаемости	0,96 средней сжимаемости	1,03 сильно-сжимаемый
Модуль деформации E после уплотнения $P=1$ кг/см ² , МПа	3,7	3,87	6,66
Коэффициент сжимаемости a после уплотнения $P=1$ кг/см ² , МПа ⁻¹	0,46 средней сжимаемости	0,58 средней сжимаемости	0,34 средней сжимаемый

Согласно компрессионным испытаниям можно сделать вывод, что испытываемые образцы относятся к слабым грунтам потому, что модуль деформации $E \leq 5$ МПа. Поверхностное уплотнение как дополнительная нагрузка обуславливает положительную тенденцию увеличения деформационных характеристик. Однако экспериментально не были установлены необходимые величины нагружений и коэффициент уплотнения для каждого образца.

Экспериментально выполнено разбавление осадка №1 с грунтами и отходом с более значительными деформационными показателями – песком, шлаком и глиной. В исследованиях использовался шлак доменный гранулированный Алчевского металлургического комбината, песок и глина из местных карьеров. Насыпная плотность песка $\rho_s=1,47$ г/см³, истинная плотность $\rho_s=2,56$ г/см³,

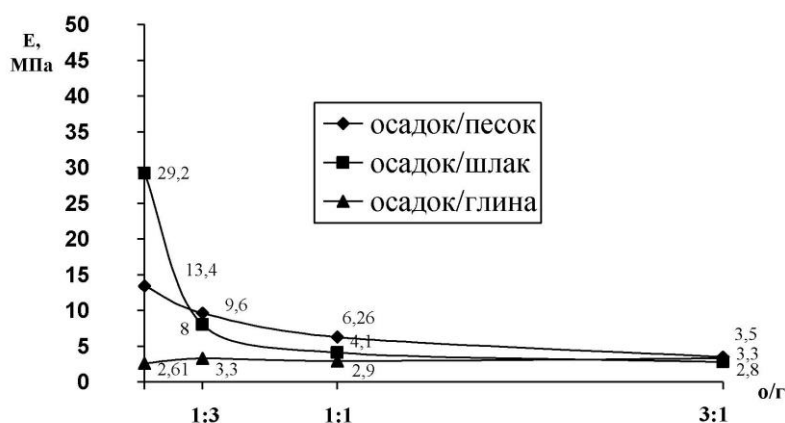
модуль крупности $M_k=1,9...2,0$. Насыпная плотность шлака $\rho=1,31$ г/см³, истинная плотность $\rho_s=2,68$ г/см³, модуль крупности $M_k>2$. Насыпная плотность глины $\rho=1,04$ г/см³, истинная плотность $\rho_s=2,55$ г/см³, влажность $W=19,05\%$, влажность на границе пластичности $W_p=20,09\%$, влажность на границе текучести $W_L=30,43\%$. Результаты компрессионных испытаний песка, шлака и глины в естественном состоянии и после дополнительной нагрузки $P = 1$ кг/см² представлены в табл. 3.

Разбавление осадка выполняли тремя методами: осадок : песок, осадок : шлак и осадок : глина. В трех вариантах соотношения осадок/грунт (о/г) составили 3 : 1, 1 : 1 и 1 : 3. Первое испытание грунтов было произведено в естественном состоянии. Результаты испытаний представлены на рис. 1.

Таблица 3

Результаты компрессионных испытаний песка, шлака и глины

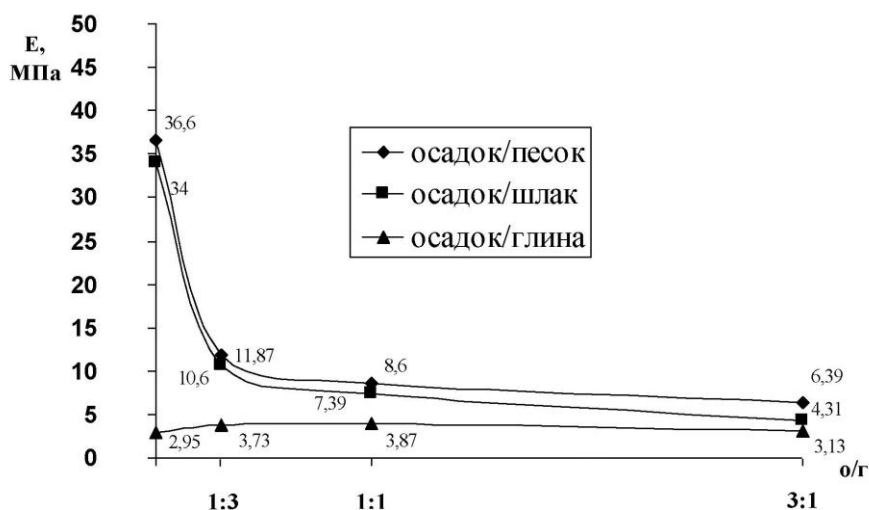
Вид грунта	Песок	Шлак	Глина
Модуль деформации E в естественном состоянии, МПа	13,4	29,24	2,61
Коэффициент сжимаемости a в естественном состоянии, МПа ⁻¹	0,13 средней сжимаемости	0,074 слабо-сжимаемый	0,44 средней сжимаемости
Модуль деформации E после уплотнения $P=1$ кг/см ² , МПа	36,6	34,0	2,95
Коэффициент сжимаемости a после уплотнения $P=1$ кг/см ² , МПа ⁻¹	0,03 слабо-сжимаемый	0,057 слабо-сжимаемый	0,45 средней сжимаемый

Рис. 1. Зависимость модуля деформации E от различных соотношений осадок/грунт (о/г) в естественном состоянии

При рассмотрении зависимостей можно сделать вывод, что при увеличении концентрации осадка отмечается уменьшение модуля деформации в смесях с песком (с $E=13,4$ МПа до $E=3,5$ МПа) и шлаком (с $E=29,2$ МПа до $2,8$ МПа). Это происходит за счет увеличения коэффициента пористости $e>1$ и уменьшения плотности за счет формирования дополнительных пор и пустот при перемешивании глинистых и песчаных материалов. При различных концентрациях модуль деформации смеси осадок/глина остается примерно на одном уровне: $E = 2,8...2,61$ МПа, что поясняется неоднородностью глины и осадка и, как следствие, неравномерным и частичным перемешиванием, высокой влажностью (глина находится в пластичном состоянии $W=19,05\% \approx W_p=20,09\%$), присутствием большого количества связанной воды в материалах. При этом глина и осадок имеют низкие показатели модуля деформации в естественном состоянии.

На рис. 2 показаны зависимости модуля деформации в смесях с приложенной дополнительной нагрузкой $P=1$ кг/см². Как показывают графики, деформационные

характеристики смесей осадок/песок и осадок/шлак существенно возросли. Данная тенденция обусловлена более плотной упаковкой материала (глинистый материал + песчаный материал), что повлекло за собой снижение коэффициента пористости e и увеличение плотности смеси, а также то, что песок и шлак выполняют роль заполнителя с более высокими прочностными характеристиками. Модуль деформации песка и шлака в чистом виде значительно превосходит показания при компрессионных испытаниях этих материалов в рыхлом состоянии, так как стабилизация осадки (деформация образцов) частично произошла еще на стадии предварительного нагружения. Показатели образцов осадок/глина в различных концентрациях остаются относительно на одном уровне с данными испытаний этих материалов в чистом виде — $E=3,7...3,82$ МПа. По сравнению с испытаниями, проведенными в первом опыте, прослеживается незначительное возрастание модуля деформации, что объясняется частичным снижением пористости смесей осадок/глина.

Рис. 2. Зависимость модуля деформации E от различных соотношений осадок/грунт (о/г) при дополнительной нагрузке $P = 1$ кг/см²

Для подтверждения, что предварительное уплотнение способствует повышению деформационных характеристик, проведено

испытание смесей с предварительным нагружением $P=3 \text{ кг/см}^2$. Результаты испытаний представлены на рис. 3.

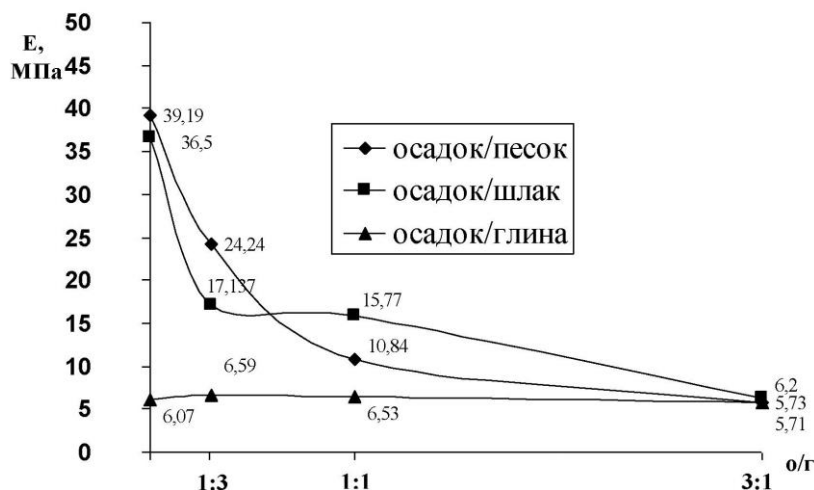


Рис. 3. Зависимость модуля деформации E от различных соотношений осадок/грунт (о/г) при дополнительной нагрузке $P = 3 \text{ кг/см}^2$

Данные испытаний указывают на увеличение модуля деформации смесей осадок/песок и осадок/шлак при различных концентрациях в сравнении с предыдущими испытаниями. Показатели песка и шлака в чистом виде значительно не отличаются от полученных при нагружении $P=1 \text{ кг/см}^2$. Это происходит вероятно за счет частичной стабилизации осадка при этом нагружении, а завершается на этапе уплотнения $P=3 \text{ кг/см}^2$. Смесей осадок/глина улучшили свои показатели с $E=3,82 \text{ МПа}$ до $E=6,07 \text{ МПа}$, а также независимо от концентраций остаются относительно на одном уровне (от $E=5,71 \text{ МПа}$ до $E=6,07 \text{ МПа}$).

Выводы.

1. Существует проблема отсутствия в классификации осадков наиболее возрастных (лежалых) и, соответственно, технологий по их утилизации. Проанализировав возможные способы и технологии утилизации ОСВ, можно утверждать, что все они предназначены для “свежих” осадков (только что образованных или в возрасте нескольких лет). Для накопленных лежалых осадков технологии утилизации (кроме захоронения) отсутствуют.

2. Исследование прочностных и деформационных свойств осадков с позиций почвогрунтов показали, что они являются структурно-неустойчивыми и относятся к слабым грунтам (просадочные, заторфованные, в рыхлом состоянии и с незавершившимся процессом самоуплотнения). Следовательно, без специальных мероприятий по искусственному улучшению они не могут служить естественным основанием для зданий и сооружений.

3. Компрессионные испытания искусственных насыпных грунтов, содержащих в своем составе

осадки сточных вод, выявили зависимость: предварительное поверхностное уплотнение способствует повышению деформационных характеристик. Смесей осадка с песком и шлаком при дополнительном нагружении имеют приемлемые показатели прочностных и деформационных характеристик, что расширяет варианты их дальнейшего использования. Показатели смеси осадок/глина существенно не изменились по сравнению с их прочностными данными в чистом виде до нагружений.

4. По результатам деформационных испытаний, полученные характеристики искусственных грунтов позволяют утверждать о возможности использования их в строительстве как грунт для обратной засыпки, основания для дорог, насыпей, площадок либо вертикальной планировки при создании искусственного ландшафта.

Литература

- ГОСТ Р 54651-2011. Удобрения органические на основе осадков сточных вод. Технические условия. – Введ. 2011-12-13. – М.: Стандартинформ, 2012. – 14 с.
- ГОСТ 5180- 2015. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик. – Введ. 2015-07-22. – М.: Стандартинформ, 2019. – 20 с.
- Орлов Д.С. Химия почв. – М.: Издательство МГУ, 1992. – 400 с.
- Тимофеев Н.Н., Александров С.Н. и др. Загрязнение тяжелыми металлами Донецкой области, их судьба в почве, растениях, животных, механизмы действия в биологических объектах. – Донецк: Донецкий институт агропромышленного производства, 1996. – 72 с.
- ГОСТ 25100-2020. Грунты. Классификация. – Введ. 2020-04-30. – М.: Стандартинформ, 2020. – 38 с.

Drozd G.Y., Khvortova M. Y., Bizirka I.I.
THE USE OF STALE SEWAGE SLUDGE IN CONSTRUCTION AS ARTIFICIAL SOILS

The article poses the problem of the lack of classification of wastewater sludge (WSS) according to the duration of storage and technologies for their disposal. The results of a study of the physical-mechanical, strength and deformation properties of old sediments from the standpoint of soils are presented. Based on the results of deformation tests, the obtained characteristics of artificial soils allow us to assert the possibility of using them in construction as soil for backfilling, foundation for roads, embankments, platforms or vertical planning when creating an artificial landscape.

Key words: sewage sludge, soil, heavy metals, artificial bases, maximum permissible concentrations, disposal.

Дрозд Геннадий Яковлевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Промышленное, гражданское строительство и архитектура» ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».
E-mail: drozd.gya@mail.ru

Хвортова Марина Юрьевна, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Промышленное, гражданское строительство и архитектура» ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».
E-mail: mkhvortova@mail.ru

Бизирка Ирина Ивановна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Промышленное, гражданское строительство и архитектура» ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».
E-mail: bizirkaira@mail.ru.

Drozd Gennadiy Yakovlevich, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of "Industrial, civil engineering and architecture" «LSU named after V. Dahl».
E-mail: drozd.gya@mail.ru

Khvortova Marina Yurievna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of "Industrial, civil engineering and architecture" «LSU named after V. Dahl».
E-mail: mkhvortova@mail.ru

Bizirka Irina Ivanovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of "Industrial, civil engineering and architecture" «LSU named after V. Dahl».
E-mail: bizirkaira@mail.ru.

Рецензент: Андрийчук Николай Данилович, д.т.н., профессор кафедры вентиляции, теплогазо- и водоснабжения ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 27.11.2023

УДК 527

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ФИЗИЧЕСКОЙ ДЕГРАДАЦИИ ПОЧВ ВСЛЕДСТВИЕ ВОЕННЫХ ДЕЙСТВИЙ В ЗОНЕ ПРОВЕДЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНОЙ ВОЕННОЙ ОПЕРАЦИИ

Дрозд Г. Я.

QUANTITATIVE ASSESSMENT OF PHYSICAL SOIL DEGRADATION DUE TO MILITARY ACTIONS IN THE ZONE OF A SPECIAL MILITARY OPERATION

Drozd G. Ya.

В статье приведены результаты комплексного влияния всех составляющих антропогенных факторов боевых действий на территорию, ландшафт и почву в зоне проведения специальной военной операции (СВО) в Донбассе. Оценен масштаб и последствия для экологии региона каждого из факторов. Основные факторы: перемещение земляных масс, загрязнение и захламливание почв и территории, пожары и прочее. Полученные данные уникальны, их достоверность подтверждается результатами немногочисленных исследователей.

Приведенные результаты требуют соответствующего осмысления и реагирования для возобновления и обеспечения нормальной жизнедеятельности на территориях.

Ключевые слова: война, экология, физическая деградация почвы, опасность.

Введение. Война в Донбассе длится почти 10 лет. Это вдвое больше, чем Великая Отечественная. Оценки потерь, ущерба, человеческого горя от Великой Отечественной войны учеными давно проведены, но постоянно уточняются на протяжении десятилетий. Люди старшего поколения помнят, что в 1946-47 гг. в СССР был «послевоенный голод». Историки выделяют несколько основных причин голода 1946-47 годов: разруха, вызванная войной, сильная засуха 1946 года в регионах европейской части СССР и затяжные дожди на востоке, упадок сельского хозяйства в виде нехватки рабочих рук, техники, скота, удобрений и экономической политики руководства страны [1]. Однако экологические последствия той войны практически не изучены. Проводящаяся в настоящее время специальная военная операция предоставляет уникальную возможность изучить деградацию одного из основных компонентов окружающей среды – почвы – на реальных фактах и наблюдениях.

Почва – это исчерпаемый природный ресурс, и по человеческой шкале времени он не возобновляется. Самая главная и незаменимая её ценность – это плодородие почвы, способность

обеспечивать растения элементами питания. Федеральным законом №101 от 16.07.1998 «О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения» под деградацией земель сельскохозяйственного назначения понимается ухудшение свойств земель сельскохозяйственного назначения в результате природного и антропогенного воздействий. Государственный стандарт ГОСТ 27593-88 «Почвы. Термины и определения» даёт схожее Федеральному закону определение. Согласно этому ГОСТу деградация почвы – это ухудшение свойств и плодородия почвы в результате воздействия природных или антропогенных факторов (в нашем случае – военные действия).

Все виды деградации почв условно делятся на три основные группы:

- физическая деградация - ухудшение физических и водно-физических свойств почвы, нарушение почвенного профиля, засыпка гумусового плодородного слоя почвообразующей породой;
- химическая деградация - ухудшение химических свойств почв;
- биологическая деградация - сокращение численности видового разнообразия и оптимального соотношения различных видов микроорганизмов, загрязнение почвы патогенными микроорганизмами, ухудшение санитарно-эпидемиологических показателей.

По имеющимся сведениям [2], деградация почв под действием природных факторов с течением времени приводит к снижению урожайности отдельных сельхозкультур на 20-80%.

Физическая деградация почвы вследствие антропогенного фактора, в частности боевых действий, предполагающих трансформацию и износ почвы вследствие высокой антропогенной нагрузки в виде взрывов боеприпасов, пожаров, создания фортификационных сооружений, разрушения

объектов и прочее, в настоящее время практически не изучена.

Цель работы - выполнить оценку физической и механической деградации ландшафта и почвы в зоне проведения боевых действий.

Методика исследований. 1. Исходные данные получены из открытых источников в СМИ и оперативных сводок компетентных ведомств на официальных сайтах. 2. В полевых исследованиях использовалась фотофиксация объектов, измерения объектов и отдельных элементов проводили с помощью металлических измерительных лент. 3. Ряд оценок получен расчетным путем с использованием справочных материалов.

Результаты исследований. *Справочные данные.* На момент подготовки статьи продолжительность специальной военной операции составляла примерно 2 года. Зона проведения СВО охватывает примерно 55% территории новых регионов России (приблизительно 70 000 км² из 127 тыс. км²). Общая численность противоборствующих войск на этой территории оценивается минимум в 600000 человек.

Оценим влияние основных негативных факторов военных действий на территорию, ландшафт и почву в зоне войны.

Артиллерийские воронки от взрывов

По данным представительства ДНР в СЦКК [3], «ежедневный расход снарядов российскими подразделениями в ходе спецоперации составляет от 10 до 50 тыс. единиц. В год это число выливается приблизительно в 11 млн снарядов, у ВСУ – ежедневно расход 6-7 тыс. снарядов (примерно до 200 тысяч в месяц, т.е. суммарно около 2,4 млн/год». Таким образом за два года обеими сторонами использовано 13,4 х 2=26,8 млн единиц артиллерийских боеприпасов. Кроме того, в боевых действиях используется большое количество ракет, реактивных взрывных устройств и менее мощных боеприпасов.

Остановимся на снарядах. С обеих сторон используется широкий спектр калибров боеприпасов, но наиболее часто употребляемые калибры 100, 120, 122, 125, 152, 155, 203 мм. Характеристика некоторых боеприпасов и вызываемое ими взрывное действие приведено в табл. 1 и на рисунках 1 и 2. Размеры воронок зависят от массы боеприпаса и взрывчатого вещества.

Таблица 1

Характеристика артиллерийских снарядов [4]

Калибр снаряда	Масса снаряда, кг	Масса взрывчатого вещества, кг	Размеры воронки	
			D, м	H, м
122	25	3,32	3-4	1-1,5
152	45	7,5	4-5	1,5-1,8
203	102	16	5-7	2-3,5



6

Рис. 1. Воронки от боеприпасов:
а) от снаряда калибром 155 мм; б) от мин 82 мм;
в) от мины 120 мм

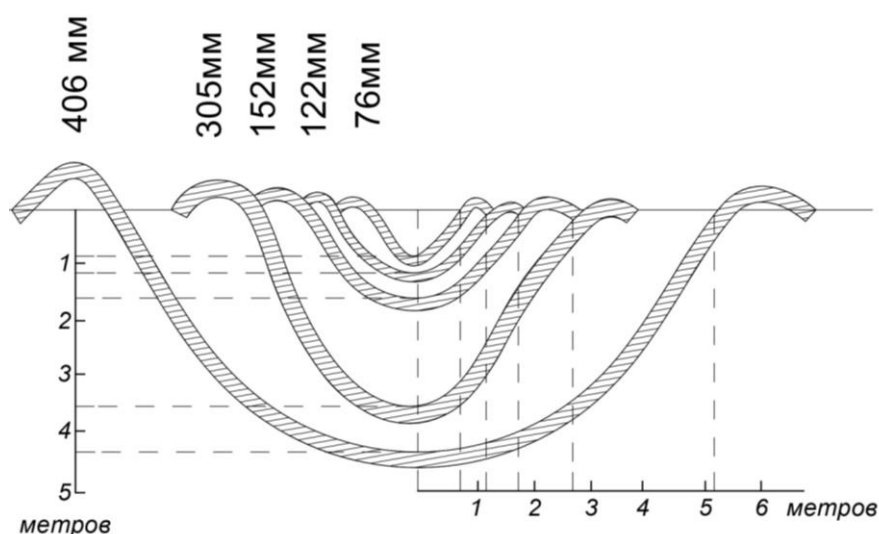


Рис. 2. Номограмма зависимости размеров взрывной воронки (радиус и глубина) от калибра боеприпаса [4]

Размеры воронки на рис. 1а составляют: диаметр – 4,5 м, глубина – 2,2 м, диаметр по внешнему валу выброшенного грунта равен примерно 15 м. Определим объем выброшенного грунта снарядом калибра 155 мм как объем конуса высотой 2,2 м и диаметром основания 4,5 м.

$$V = \frac{1}{3} \cdot h \cdot \frac{\pi d^2}{4} = \frac{1}{3} \cdot 2,2 \cdot \frac{3,14 \cdot 4,5^2}{4} = 11,7 \text{ м}^3.$$

Тогда суммарный объем выброшенного 26 800 000 взрывами грунта составит примерно 313,5 млн кубических метров.

Площадь нарушенной территории диаметром 15 м (сама воронка и кольцевой слой грунта вокруг нее составит):

$$S = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 15^2}{4} = 176 \text{ м}^2.$$

Суммарная площадь территории от воронок и земляных выбросов составит:

$$176 \text{ м}^2 \times 26800000 = 471600000 \text{ м}^2 = 4716 \text{ км}^2.$$

Плотность артиллерийского обстрела характеризует рис. 3.

Кроме механического перемещения грунта вследствие взрыва в горизонтальном и вертикальном направлении происходит и активное его загрязнение металлическими включениями – осколками от боеприпасов. По ранее проведенным нами исследованиям средняя концентрация осколков в 1 м² грунта достигает 170-200 г/м² (рис. 4, 5) [5].



Рис. 3. Плотность артиллерийского обстрела лесополос под Бахмутом (Артемовском) - вид с квадрокоптера



Рис. 4. Осколки снарядов

Масса металлических осколков на территории СВО составляет не менее $0,2 \text{ кг/м}^2 \times 4716 \text{ км}^2 \sim 943000 \text{ т}$, что координирует с массой использованных боеприпасов.

Образующиеся при взрыве заряда газообразные продукты находятся под давлением 20–25 ГПа

(200–250 тысяч атмосфер), нагреты до температуры порядка $3500\text{--}4000^\circ\text{C}$ и занимают объем, равный объему заряда взрывчатых веществ [4]. Это приводит к частичному выгоранию гумуса и образованию спекшихся частиц грунта (рис. 5).



Рис. 5. Оплавленные неорганические гранулы грунта фракцией 1-2 мм

Поверхность земли на локальных участках усеяна стреляными гильзами и остатками боеприпасов (рис. 6).

Фортификационные сооружения

Кроме взрывного воздействия боеприпасов на преобразование ландшафта и деградацию почвы

оказывают влияние земляные фортификационные работы и заградительные сооружения.

Оценим их объем и вклад в деградацию почв в районе военных действий. Согласно Уставу сухопутных войск [6] территория опорного пункта мотострелкового взвода (30-35 человек) достигает 12 га (рис. 7).



Рис. 6. Поверхностное загрязнение почвы остатками боеприпасов

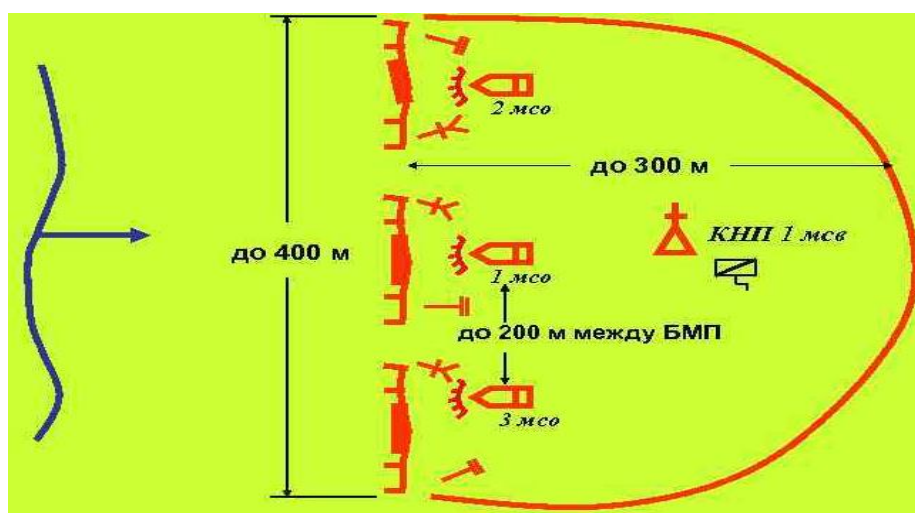


Рис. 7. Тактические нормативы для взвода

В зоне СВО с обеих сторон находится примерно 600000 человек или приблизительно 20000 взводов. Тогда суммарная территория укрепрайонов составит $12 \text{ га} \times 20000 = 240000 \text{ га}$ или 2400 км^2 .





Рис. 8. Окопы: а) строительство российских окопов; б) окопы ВСУ в лесополосах; в) мегаокоп длиной 70 км – вид со спутника

По данным военных источников [7, 8], протяженность окопов российских войск достигает 2000 км, ориентировочно протяженность украинских укреплений такая же. Профиль окопа имеет размеры 1 x 1,5-1,8 м. Объем земляных работ при отрывке окопов составит: $4000000 \text{ м} \times 1 \times 1,5 = 6000000 \text{ м}^3$. Прибавим сюда земляные работы по обустройству взводных опорных пунктов [9]: $300 \text{ м}^3 \times 20000 = 6000000 \text{ м}^3$. Суммарный объем земляных работ при создании этого вида сооружений 12 млн³. Полоса территории, отторженной под окопы с насыпанным бруствером, составляет примерно 10 м, тогда суммарная площадь под земляными сооружениями достигает минимум 60 км².

Блиндажи и инженерные заграждения

Блиндаж – постоянное или временное подземное фортификационное сооружение для защиты от пулемётного, артиллерийского и миномётного огня (рис. 9, а). Инженерные заграждения предназначены для препятствия и затруднения маневров военной техники (рис. 9, б). Рассмотрим эти сооружения с точки зрения

масштабности захламления и загрязнения территории. Блиндажи устраиваются из расчета минимум один на отделение (10 человек) и на его сооружение по нормам [6] необходимо 10,3 м³ строительного материала, как правило, древесины. В зоне боевых действий находится не менее 20000 х³=60000 таких объектов, в составе которых заключено более 600000 м³ строительных материалов.

В зоне СВО используются преимущественно два типа инженерных заграждений: так называемые «зубы дракона» и минные поля [9,10]. Первый тип представляет собой бетонные пирамиды высотой 90 или 120 см, устанавливаемые в несколько рядов в шахматном порядке на расстоянии 2-3 м друг от друга. По имеющимся данным такими пирамидами защищено несколько сот километров (500 км x 10 м=5 км²). Количество блоков примерно 1000 шт x 500 км = 500 000 шт; объем бетона составит 0,2 м³ x 500 000 шт. =100 000 м³).

Второй тип заграждений – минные поля (рис. 10).



Рис. 9. Фортификационные сооружения: а) блиндаж; б) заграждение типа «зуб дракона»



Рис.10. Минные поля

Они представляют собой скрытно или открыто установленное большое количество противопехотных или противотанковых мин. По оценке военных экспертов «более 30% территории Украины заминировано. После начала боевых действий на Украине 250 тысяч квадратных километров территории покрыто минными полями, на полное разминирование которых потребуется 757 лет!» [11]. Площадь минных полей превышает территорию СВО, т.к. основная их часть установлена вдоль границ с сопредельными государствами.

Сожженная и поврежденная техника

По сводкам МО РФ на момент подготовки статьи: «Всего с начала проведения специальной военной операции уничтожено: 536 самолетов, 254 вертолета, 9009 БПЛА, 441 ЗРК, 13500 танков и других боевых бронемашин, 1185 боевых машин РСЗО, 7128 орудий полевой артиллерии и минометов, а также 15369 единиц спецтехники». При поражении техники происходит ее возгорание, утечка топлива, возможный взрыв и разрушение (рис. 11).



Рис.11. Горящая поврежденная техника

Примем площадь пожара от единицы техники 100 м^2 , тогда суммарная площадь очагов горения составит минимально 3 км^2 с загрязнением и деструкцией поверхностного слоя почвы. На момент

подготовки статьи в ДНР и ЛНР освобождено 242 населенных пункта площадью от 1 до сотен км^2 (рис. 12) [5].



Рис. 12. Состояние разрушенных городов

По очень грубым прикидкам суммарная площадь освобожденной городской застройки составляет более 1000 км^2 с характерными разрушениями, приведенными на рис. 12. Много объектов восстановлению не подлежит. Масса строительного мусора исчисляется миллионами тонн (разрушено и повреждено до 100000 объектов),

а плотность такого техногенного загрязнения превышает 1000 т/км^2 [5].

По данным [5], в зону боевых действий попали более 2700 км^2 лесов, при этом не менее их трети (900 км^2) пострадали от вырубки, пожаров, боевых действий и уничтожения (рис. 13).



Рис. 13. Состояние лесов в зоне боевых действий (под г. Кременная)

Выводы

1. Физико-механическую деструкцию почвы вследствие боевых действий можно рассматривать как комплексный антропогенный фактор, характеризующийся видами воздействия и их последствиями, приведенными в табл. 2.

2. Перемещение и перемешивание огромных масс грунта, загрязнение и захламление территории вызывает изменение ее биогеохимического баланса.

3. Приведенные количественные показатели деградации почвы хорошо согласуются с соответствующими данными других исследователей. Так, «в период войны во Вьетнаме количество бомбовых воронок составило 96 млн штук, грунта было перемещено 350 млн м^3 , а объем перемещенного грунта во время Второй мировой войны достигал 2 млрд м^3 ...» [12].

Таблица 2

Физико-механическая деструкция почвы

Фактор воздействия	Последствия
Взрыв боеприпасов	Количество воронок более 26, 8 млн. штук с выбросом грунта объемом более 313,5 млн м ³ . Суммарная площадь пораженной взрывами территории более 4716 км ²
Фортификационные сооружения	Количество вынутого грунта составляет более 12 млн м ³ . Площадь земли, отторженная под опорные пункты и фортификационные сооружения, составляет около 2460 км ²
Инженерные заграждения	«Зуб дракона» занимает территорию не менее 5 км ² . Минные поля – практически 70 000 км ² – (практически вся зона СВО)
Поврежденная техника	Территория очагов горения или корродирующей поврежденной техники составляет 3 км ³
Вырубленные, уничтоженные и сгоревшие лесонасаждения	Площадь территории составляет 900 км ²
Захламление территории разрушенными промышленными и гражданскими объектами	Площадь территории более 1000 км ² ; объем строительного мусора – миллионы тонн
Загрязнение почвы металлическими включениями - осколками боеприпасов	Плотность загрязнения ~0,2 кг/м ² или более 943 000 т металла
Захламление территории бетонными конструкциями инженерных заграждений, деревянными конструкциями укрытий и военного имущества (снарядные ящики)	Блоки «зубьев дракона» – более 500000 единиц с объемом бетона более 100 тыс. м ³ . Лесоматериал – более 600 тыс. м ³
Мины, минные поля	До 100 % территории зоны СВО

Л и т е р а т у р а

1. Волков, И. М. Засуха, голод 1946–1947 годов / И. М. Волков // История СССР. – 1991. – № 4. – С. 3–19.

2. Деградация почвы, причины и последствия. – Текст : электронный // АгроМетео : сайт. – URL: <http://www.agrometeo.ru/articles/degradaciya.html>

3. В настоящее время ежедневный расход снарядов в СВО. – Текст : электронный // Представительство ДНР в СЦКК : сайт. – URL: <http://www.dnr-sckk.ru>

4. Андреев К. К. Теория взрывчатых веществ / Андреев К. К., Беляев А. Ф. Теория взрывчатых веществ. – 1960. – 360 стр.

5. Дрозд Г. Я. Оценка деградации качества окружающей среды Донбасса вследствие годовых боевых действий // Агротехника и энергообеспечение. №2 (39), 2023, С. 90–100.

6. Боевой устав сухопутных войск. – МО РФ, Москва, 2013. – 801 стр.

7. Россияне вырыли мегакоп длиной более 70 км. – Текст : электронный // сайт. – URL: <https://news.1897581>

8. Названа длина возведенных в ходе СВО российскими войсками окопов – Текст : электронный // lenta.ru : сайт. – URL: <http://www.news/2023/01/20>

9. Полевые сооружения и заграждения в военных действиях. Текст : электронный // djvu.online : сайт. – URL: <http://>file/s6wYJhpR5Vuvl>

10. Украину признали самой заминированной страной. Текст : электронный // Русское оружие : сайт. – URL: <http://rg.ru>

11. На полное разминирование Украины потребуется 757 лет. Текст : электронный // Военные новости: сайт. – URL: <http://news.rambler.ru>

12. Щавелев, Н. А. Изучение экологических последствий военных действий на планете в рамках дисциплины «экология». – Текст : электронный / Н. А. Щавелев, С. Г. Тюрина, Е. Э. Френкель // Студенческий научный форум – 2015 : VII Международная студенческая научная конференция. –

URL: <https://scienceforum.ru/2015/article/2015017504>.

Drozd G. Ya.

QUANTITATIVE ASSESSMENT OF PHYSICAL DEGRADATION OF SOILS DUE TO MILITARY OPERATIONS IN THE ZONE OF A SPECIAL MILITARY OPERATION

The article presents the results of the complex influence of all components of anthropogenic factors of military operations on the territory, landscape and soil in the zone of a special military operation (SMO) in the Donbass. The scale and consequences for the ecology of the region of each of the factors are assessed. The main factors are the movement of earth masses, pollution and littering of soils and territories, fires, etc. The data obtained are unique, their reliability is confirmed by the results of a few researchers.

These results require appropriate reflection and response to resume and ensure normal life in the territories.

Key words: war, ecology, physical soil degradation, danger.

Дрозд Геннадий Яковлевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Промышленное, гражданское строительство и архитектура» ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».
E-mail: drozd.gya@mail.ru

Drozd Gennadiy Yakovlevich, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of "Industrial, civil engineering and architecture" «LSU named after V. Dahl».

Рецензент: Соколов Владимир Ильич, д.т.н., профессор кафедры вентиляции, теплого- и водоснабжения ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 30.11.2023

УДК 625.855.3

**КОМПЛЕКСНО-МОДИФИЦИРОВАННЫЕ АСФАЛЬТОПОЛИМЕРСЕРОБЕТОНЫ
ДЛЯ ТЕКУЩЕГО РЕМОНТА ПОКРЫТИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ****Загородняя А. В.****COMPLEX-MODIFIED ASPHALT-POLYMER-SEROCONCRETES FOR CURRENT
REPAIR OF HIGHWAY PAVEMENTS****Zagorodnya A. V.**

На основе методологии системного анализа, предложенных физико-химических моделей комплексно-модифицированных асфальтовых вяжущих и асфальтобетона с использованием экспериментально-статистического описания разработаны и внедрены новые научно обоснованные технологические решения для получения комплексно-модифицированных дорожных горячих и литых асфальтополимерсереобетонных смесей для покрытий нежестких дорожных одежд повышенной долговечности, способных противостоять колееобразованию, усталостному разрушению, образованию низкотемпературных и усталостных трещин, термоокислению в течение нормативного срока службы. Показано, что в результате комплексной модификации дорожных нефтяных битумов синтетическими каучуками совместно с технической серой в органическом связующем при оптимальных концентрационных соотношениях образуется пространственная полимерная сеть с расчетным числом узлов и кинетически гибких цепей макромолекул и надмолекулярных образований с одновременной активацией полимерами поверхности минерального порошка, и таким образом, обеспечивается повышенная долговечность асфальтополимерсереобетона в покрытии нежестких дорожных одежд.

Ключевые слова: комплексно-модифицированный дорожный асфальтобетон; деформационные и прочностные свойства.

Введение. Расчетный срок службы покрытий автомобильно-дорожных мостов и путепроводов до капитального ремонта (10 – 12 лет) не выдерживается. После пяти лет эксплуатации они нуждаются в капитальном ремонте [1, 2]. Свойства асфальтобетона – композиционного материала с коагуляционным типом контактов – определяются, прежде всего, качеством органического вяжущего, рациональным сочетанием типов макроструктуры, мезоструктуры и микроструктуры минерального остова, порового пространства, а также энергией взаимодействия на поверхности раздела фаз «органическое вяжущее – минеральный материал» [3-6].

Таким образом, необходимо разрабатывать такие способы направленного регулирования

структуры и свойств нефтяных дорожных битумов и повышения энергетического взаимодействия на поверхности раздела фаз «органическое вяжущее – минеральный материал», которые бы позволили асфальтобетону, эксплуатируемому в покрытиях нежестких дорожных одежд автомобильно-дорожных мостов и путепроводов эффективно противостоять старению, сдвиговым деформациям, низкотемпературному и усталостному трещинообразованию и циклическим транспортным нагрузкам.

Одними из эффективных полимеров – модификаторов нефтяных дорожных битумов являются бутадиенметилстирольный и дивинилстирольный каучуки. В то же время недостаточно полно сформулированы теоретические положения получения модифицированных асфальтобетонов повышенной долговечности; не исследованы явления и процессы, происходящие в асфальтобетонах с комплексно-модифицированной микроструктурой; отсутствуют данные об оптимальных концентрационных отношениях компонентов-модификаторов, о параметрах технологических режимов производства комплексно-модифицированных органических вяжущих, укладки и уплотнения асфальтополимерсереобетонных смесей; недостаточно изучены физические и деформационно-прочностные характеристики комплексно-модифицированных асфальтобетонов.

Целью работы является теоретическое и экспериментальное обоснование способов получения, технологических комплексно-модифицированных горячих асфальтополимерсереобетонных смесей для строительства конструктивных слоев нежестких дорожных одежд повышенной долговечности путем установления закономерностей формирования структуры модифицированных органических вяжущих и контактной зоны на поверхности раздела фаз «комплексно-модифицированное органическое вяжущее – поверхностно-активированный минеральный порошок асфальтобетона».

Материалы и методы исследования. Для выполнения экспериментальных исследований приняты:

- в качестве органических вяжущих приняты нефтяные дорожные битумы марок: БНД 40/60, БНД 60/90;

- для комплексной модификации микроструктуры асфальтобетонов использованы: каучук синтетический бутадиен-метилстирольный, техническая сера, блоксополимер на основе стирола и бутадиена марки ДСТ-30-01;

- использован известняковый минеральный порошок: содержание CaCO_3 – 92 %; удельная поверхность $S_{1,2} = 400 \text{ м}^2/\text{кг}$; плотность – 2715 кг/м^3 ; средняя плотность под нагрузкой 40 МПа – 1880 кг/м^3 ; пустотность – 31,8 %; битумоемкость – 50 %.

- щебень и песок получены дроблением и рассевом гранита Успенского карьера (ЛНР) со следующими показателями качества: дробимость – 6,2 %; истираемость щебня в полочном барабане – 2,3 %; насыпная плотность щебня – 1410 кг/м^3 ; истинная плотность – 2670 кг/м^3 ; морозостойкость $F > 200$ циклов; содержание зерен лещадной и игольчатой формы – 6,5 %.

Результаты экспериментальных исследований

Необходимым условием эффективного влияния полимера на свойства органических вяжущих является их совместимость, которая определяется прежде всего способностью полимера растворяться в вяжущем до молекулярного и надмолекулярного уровня. Только при этом условии можно получить существенное улучшение структуры и свойств органических вяжущих (например, равенство параметров растворимости полимера и дисперсионной среды органического вяжущего). Оптимальные температурно-временные режимы совмещения полимера и нефтяного битума должны обеспечить растворение полимера в битуме без деструкции последнего при достижении максимального значения битумополимерным вяжущим эластичности [3 – 7].

Для получения сдвигоустойчивого бетона следует проектировать II тип макроструктуры асфальтобетона (поровая), который позволит эффективно использовать как свойства пленок органического вяжущего, разделяющих полидисперсные минеральные частицы, так и пространственного каркаса, образованного зернами щебня и способствующего повышению сдвигоустойчивости за счет увеличения плоскостей скольжения и их шероховатости (достигаются максимальные значения модуля деформации, предела прочности, внутреннего трения и зацепления, исследования В. А. Золотарева) [1, 2].

Структура битумополимерных вяжущих должна характеризоваться оптимальным сочетанием

измененной полимером дисперсионной среды органического вяжущего и структурно-механическими характеристиками дисперсной фазы органического вяжущего. Для этого органическое вяжущее должно иметь оптимально-структурированную среду (нефтяной дорожный битум III структурно-реологического типа) [8 – 10].

Структурная сетка полимера должна сформироваться в битуме после окончания уплотнения асфальтобетонной смеси или обратимо разрушаться при критических напряжениях.

Введение полимера в битум должно повышать или не понижать его адгезию к поверхности минеральных материалов.

Решающее значение для формирования физико-механических свойств композиционных материалов имеют состояние и свойства граничных слоев на поверхности раздела фаз.

Согласно предложенной концептуальной модели (рис. 1), поверхностная активация растворами олигомеров или полимеров поверхности минерального порошка приведет к лучшему совмещению активированного минерального порошка с модифицированным органическим вяжущим (при правильном подборе активатора и модификатора), например, с битумополимерным, что обеспечит полное смачивание ее модифицированным органическим вяжущим.

В результате межмолекулярных взаимодействий и диффузионных процессов на границе раздела фаз «активированный минеральный порошок – модифицированное вяжущее» образуется структурно-упрочненный слой, обеспечивающий высокую адгезионную прочность на поверхности раздела фаз, составляющих асфальтобетона.

Модификацию битума дивинилстирольным каучуком целесообразно вести из раствора в углеводородных фракциях.

Можно предположить, что в этом случае при концентрации каучука 2-3 % мас. в органическом вяжущем в области эксплуатационных температур сформируется термофлуктуационная пространственная полимерная сетка (исследования Л. М. Гохмана) [8]. Узлами цепей из макромолекул и надмолекулярных образований, например, бутадиенметилстирольного каучука являются α -метилстирольные блоки, которые объединяются между собой с понижением температуры до точки перехода полистирола в стеклообразное состояние, а также образованным в результате взаимодействия макромолекул бутадиенметилстирольного каучука и асфальтенов битума. Прочность термофлуктуационной пространственной полимерной сетки будет определяться количеством узлов и энергией взаимодействия в них, а эластичность – кинетической гибкостью бутадиеновых цепей между узлами сетки.

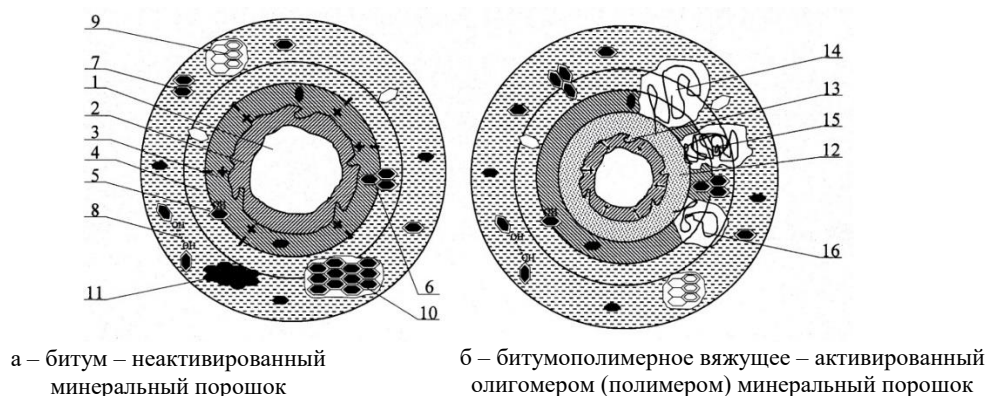
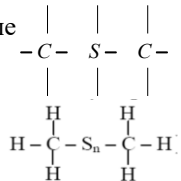


Рис. 1. Предполагаемая схема формирования межфазного контактного слоя в системе «битумополимерное вяжущее – активированный полимером минеральный порошок»:

1 – частица минерального порошка; 2, 3, 4 – структурированный, диффузный и объемный слои вяжущего соответственно; 5 – полярное вещество битума; 6 – асфальтены; 7 – смолы; 8 – ассоциативный комплекс; 9 – кристалл полициклического углеводорода; 10, 11 – фрагменты коагуляционной и конденсационной структур; 12 – слой олигомера (полимера) – активатора поверхности минерального порошка; 13 – пора, заполненная олигомером (полимером); 14 – фрагмент полимерной сетки; 15, 16 – фрагменты структур с аутогезионными взаимодействиями

По мере увеличения концентрации элементарной серы (температура объединения битума и серы 150 – 155°C) должно произойти увеличение общей структурированности системы в результате того, что незначительная часть серы должна принять участие в вулканизации бутадиенмethylстирольного (дивинилстирольного) каучука (моносulfидные



поперечные полисульфидные связи между макромолекулами сополимера). До 10 % мас. серы вступит в химическое взаимодействие с углеводородами битума. Произойдет – S-дегидрирование и образование асфальтеноподобных веществ. Часть серы растворится (20 – 26 % мас.). Остальная сера должна диспергироваться в битуме до коллоидного состояния. Это приведет к усилению коагуляционного структурообразования в битумополимерсерном вяжущем за счет взаимодействия частиц серы через прослойки полимера. В битумополимерсерном вяжущем возникнет трехмерная сопряженная сетка, узлами которой являются асфальтены, химически связанная сера, кристаллы серы и коллоидно-диспергированная сера.

Активация поверхности минерального порошка каучуком должна привести к формированию на поверхности порошка структурно-упрочненного слоя полимера, который повысит адгезию битумополимерсерного вяжущего к поверхности минерального порошка вследствие увеличения

количества контактов сегментов надмолекулярных образований сополимера бутадиенмethylстирольного каучука с активными центрами олеофильной поверхности, аутогезии макромолекул бутадиенмethylстирольного (дивинилстирольного) каучука (рис. 1). Это создаст прочную и эластичную пространственную матрицу асфальтополимерсеробетона с высокой адгезией и когезией, что и определит долговечность модифицированного асфальтобетона.

Сопоставление рассчитанных параметров растворимости (δ) бутадиенмethylстирольного каучука (СКМС-30), дивинил-стирольного сополимера (ДСТ 30-01) и алкановых фракций битума свидетельствует о том, что они имеют близкие значения δ (1).

$$\delta_{\text{СКМС-30}} \approx \delta_r \approx \delta_{\text{ДСТ 30-01}},$$

где $\delta_{\text{СКМС-30}}$, δ_r , $\delta_{\text{ДСТ-30-01}}$ – параметры растворимости бутадиенмethylстирольного каучука, алкановых компонентов битума и дивинил-стирольного сополимера,

$$\delta_{\text{СКМС-30}} 16,8 \approx \delta_r (15,25 - 16,13) \approx \delta_{\text{ДСТ 30-01}} 17,8 \text{ МДж}^{0,5}/\text{м}^{1,5} \text{ (табл. 1)}.$$

В табл. 1 приведены параметры растворимости для групповых компонентов битума и полимеров-модификаторов.

Таким образом, оба полимера совместимы с мальтенами битума. Следовательно, битумополимерные вяжущие в области технологических температур 150 – 155 °C должны быть термостабильными и седиментационно устойчивыми.

Таблица 1

Сопоставление параметра растворимости компонентов битума и полимеров

Наименование	Средняя молекулярная масса	Неопределенность, (1), %	Параметр растворимости полимера, δ , МДж ^{0,5} /м ^{1,5}
Групповые компоненты битума			
масла	500	2,13	17,8
смолы	800	3,06	18,2
асфальтены	1148	3,06	18,9
Полимеры			
ДСТ-30-01 (СБС)	90000 – 110000 (350) (2)	7,43	17,8
СКМС-30 (БСК)	200000 – 300000 (2)	3,0	16,8

(1) содержание ненасыщенных связей ($-\text{CH}=\text{CH}-$);

(2) молекулярная масса повторяющегося звена.

Микроскопическими исследованиями в проходящем свете с использованием стереомикроскопа Technival-2 Carl Zeiss Jena с подогревающим столиком (увеличение в 125 раз) установлено, что при объединении частиц бутадиенмethylстирольного (дивинилстирольного) каучука и мальтеновой фракции битума существует несколько характерных температур: температура набухания ($75 - 80^\circ\text{C}$), соответствующая переходу частицы дивинилстирольного, бутадиенмethylстирольного каучука из стеклообразного в высокоэластическое состояние;

температура диспергирования частиц полимера на агрегатобулярные образования под действием давления набухания ($95 - 100^\circ\text{C}$); температура растворения бутадиенмethylстирольного (дивинилстирольного) каучука ($105 - 120^\circ\text{C}$) (рис. 2). Оптимальное время приготовления битумополимерного вяжущего при температурах растворения $150 - 155^\circ\text{C}$ составляет $50 - 70$ минут. В этом случае битумополимерные вяжущие характеризуются максимальными значениями эластичности, растяжимости и адгезии.

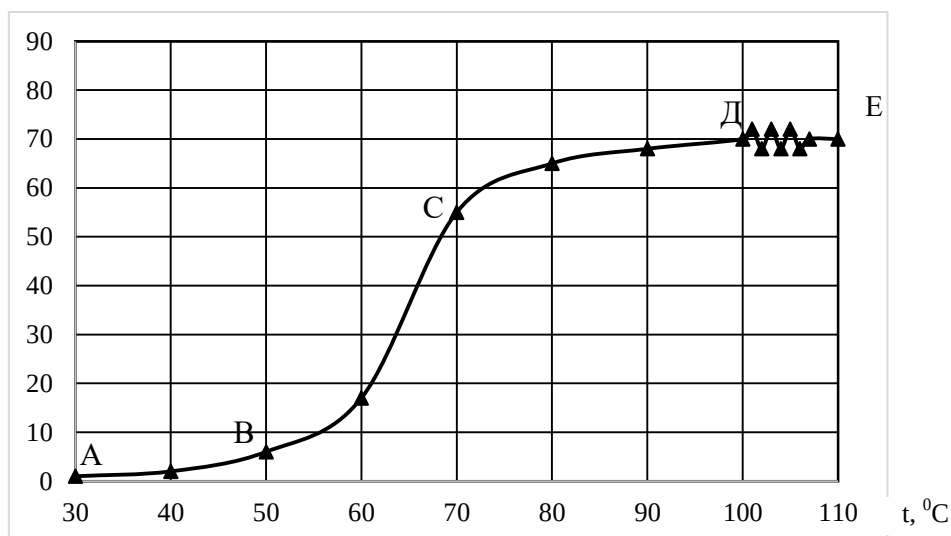


Рис. 2. Относительное изменение размера набухающей частицы ДСТ 30-01 ($d_{\text{отн}}$) от температуры (t) в бензине

Выводы

1. Разработаны комплексно-модифицированные горячие асфальтополимерсеробетонные смеси для устройства покрытий нежестких дорожных одежд автомобильно-дорожных мостов и путепроводов повышенной долговечности, способных противостоять колебности, усталостному разрушению, трещиностойкости и термоокислению, в результате комплексной модификации органических вяжущих полимерами, термодинамически совместимыми с нефтяными дорожными битумами: бутадиенмethylстирольный

каучук СКМС-30 (дивинилстирольный каучук ДСТ-30-01) совместно с технической серой;

2. Установлено, что оптимальная массовая концентрация бутадиенмethylстирольного каучука в битумах III структурно-реологического типа БНД 40/60, БНД 60/90 должна составлять 2-3 % мас., технической серы 25-30 % мас., а массовая концентрация каучука на поверхности минерального порошка 0,5 % мас. При данных концентрационных отношениях формируется структурный слой модификатора, приводящий к усилению межмолекулярного взаимодействия на поверхности раздела фаз «битумополимерсерное

вяжущее – поверхностно-активированный синтетическим каучуком минеральный порошок».

Литература

1. Теоретические и экспериментальные основы получения модифицированного дорожного асфальтобетона повышенной долговечности [Текст]: монография / В.И. Братчун [и др.]. – Донецк: Издательство "Фолиант", 2020. – 244 с.
2. Перспективы применения комплексно-модифицированных песчаных асфальтобетонов в дорожном строительстве [Текст] / Д.Ю. Александров // Наука и техника. – 2017. – № 16(4). – С. 315-323.
3. Исследование усталостного моделирования горячих асфальтобетонных смесей на основе вязкоупругих континуальных повреждающих свойств асфальтового вяжущего [Текст] / M. Ameri, N. Shams, M. Molayem, M.H. Mirabimoghaddam // Строительство и строительные материалы. – 2016. – № 106. – С. 243-252.
4. Исследование факторов влияния на низкотемпературные свойства SBS-модифицированного асфальта [Текст] / P.L. Weidong, H.Y. Naipeng, T.F. Xiao // Строительство и строительные материалы. – 2017. – № 154. – С. 609-622.
5. Влияние молекулярной структуры СБС на термомеханические свойства полимерно-модифицированных битумов [Текст] / A. Schaur, S. Unterberger, R. Lackner // European Polymer Journal. – 2017. – № 96. – С. 256-265.
6. Литые и самоуплотняющиеся бетонные смеси [Текст] / М.В. Комаринский, С.И. Смирнов, Д.Е. Бурцева // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2015. – № 11(38). – С. 106-118.
7. Экспериментальное сравнение характеристик паропроницаемости основных строительных материалов [Текст] / А.И. Копылова, Н.И. Ватин, И.И. Пестряков // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2014. – № 10(25). – С. 98-108.
8. Гохман, Л.М. Комплексные органические вяжущие материалы на основе блоксополимеров типа СБС [Текст]: учеб. пособие / Л.М. Гохман. – М.: ЗАО «ЭКОНИНФОРМ», 2004. – 584 с.
9. Эффективность использования инновационных композиционных материалов в строительстве [Текст] / И.С. Птухина, А.С. Далабаев, А.Б. Туркебаев, Д.С. Глеуханов, Н.Ж. Бижанов, А.Э. Далабаева // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2014. – № 9(24). – С. 84-96.
10. Разрушение и ремонт искусственных покрытий взлетно-посадочных полос [Текст] / А. А. Каримова, М.И. Парамонова // Альфабилд. – 2019. – № 2(9). – С. 17-28.
11. Модификация свойств эластомерных композиций [Текст]: монография / Н. Р. Прокопчук [и др.]. – Минск: БГТУ, 2012. – 218 с.

Zagorodnya A.V.

COMPLEX-MODIFIED ASPHALT-POLYMER-SEROCONCRETES FOR CURRENT REPAIR OF HIGHWAY PAVEMENTS

Based on the methodology of system analysis, the proposed physicochemical models of complex-modified asphalt binders and asphalt concrete, with the use of an experimental-statistical description, new scientifically grounded technological solutions have been developed and implemented for obtaining complex-modified road hot and cast asphalt-polymer-silver concrete mixtures for the coating of non-rigid road clothes on road bridges and overpasses of increased durability, capable of resisting rutting, fatigue failure, the formation of low-temperature and fatigue cracks, and thermal oxidation during the standard service life. It is shown that as a result of the complex modification of road oil bitumen with synthetic rubbers together with technical sulfur in an organic binder at optimal concentration ratios, a spatial polymer network is formed with a calculated number of nodes and kinetically flexible chains of macromolecules and supramolecular formations with simultaneous surface activation by polymers of the surface of the mineral powder and, thus, the increased durability of asphalt-polymer-sulfur concrete in the coating of non-rigid road pavement of motor-road bridges and overpasses is provided.

Keywords: complex modified road asphalt concrete, deformation and strength properties.

Загородняя Анастасия Викторовна, доцент кафедры проектирования и технологии строительства ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

E-mail: housenastya@mail.ru

Zagorodnya Anastasia Viktorovna, associate Professor of the Department of Design and Construction Technology «LSU named after V. Dahl».

Рецензент: Соколов Владимир Ильич, д.т.н., профессор кафедры вентиляции, теплогаз- и водоснабжения, института строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля».

Статья подана 04.12.2023

УДК 69.05

ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ПО ПАРАМЕТРАМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Засько В. В., Малыгина О. А.

ORGANIZATION OF CONSTRUCTION CONTROL FOR PARAMETERS OF ENERGY EFFICIENCY

Zasko V. V., Maligina O. A.

Рассмотрены вопросы повышения энергетической эффективности зданий. Приведена классификация дефектов теплозащиты. Определены практические меры организации строительного контроля качества устройства наружных ограждающих конструкций по параметрам энергетической эффективности.

Ключевые слова: строительный контроль, наружные ограждающие конструкции, параметры энергетической эффективности.

Введение. При эксплуатации зданий и сооружений нередко возникают удельные расходы тепловой энергии. Это происходит вследствие неудовлетворительного качества стеновых ограждающих конструкций в обеспечении необходимого уровня теплозащиты. Главной причиной является нарушение технологии производства строительно-монтажных работ при установке наружных ограждающих конструкций, что приводит к появлению дефектов теплозащиты.

Согласно СП 50.133300.2012 «Тепловая защита зданий» [1], обеспечение заданного уровня приведенного сопротивления теплопередаче напрямую влияет на уровень теплозащиты здания в целом.

Федеральный закон Российской Федерации от 30.12.2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» одним из требований обеспечения безопасности зданий определил законодательную основу обеспечения безопасности в строительной отрасли и установил энергетическую эффективность [2].

Для повышения энергетической эффективности зданий и сооружений необходимо произвести такие работы: на стадии проектирования разработать проекты, предусматривающих большее энергосбережение по сравнению с нормативными требованиями; на стадии проекта производства работ повысить уровень качества строительно-монтажных работ; производить обязательный контроль за реальными значениями теплозащитных характеристик.

Изложение основного материала. На сегодняшний момент строительный контроль качества работ по установке наружных ограждающих конструкций ведется без использования количественных оценок параметров энергоэффективности, что можно объяснить отсутствием определенности контролируемых параметров по качественному и по количественному признакам.

На этапе производства строительных работ при устройстве ограждающих конструкций наблюдаются отклонения от требований нормативных документов по энергоэффективным параметрам [3–6].

Для того чтобы установить баланс между принимаемыми проектными решениями и фактическим исполнением строительных работ, необходимо организовать строительный контроль качества по параметрам энергоэффективности.

По причинам возникновения дефекты теплозащиты современных наружных ограждающих конструкций классифицируются на:

- проектные дефекты;
- дефекты изготовления материалов и изделий;
- дефекты, возникающие при нарушении технологии производства строительно-монтажных работ;
- дефекты, возникающие при нарушении режима эксплуатации.

К *проектным дефектам* теплозащиты наружных ограждающих конструкций относятся:

- неправильный выбор климатических параметров района строительства;
- нерациональное архитектурно-планировочное решение;
- неверное расположение слоев в многослойных ограждающих конструкциях;
- использование утеплителя из минеральной ваты с пониженной плотностью;
- отсутствие ветро-гидроизоляционной мембраны при использовании утеплителя из минеральной ваты с пониженной плотностью;

- использование ветро-гидроизоляционной мембраны с повышенным сопротивлением паропрооницанию;

- применение завышенных значений коэффициента теплотехнической однородности без соответствующей проверки моделированием температурных полей.

К дефектам изготовления строительных материалов и изделий относятся:

- нарушение технологии изготовления;

- нарушение правил перевозки и складирования материалов.

Все эти дефекты и нарушения в ходе выполнения работ приводят к изменению теплозащитных характеристик материалов (рис. 1) [9].



а



б



в

Рис. 1. Дефекты изготовления теплоизоляционных материалов

а – дефекты перевозки материалов; б – дефекты складирования материалов; в – дефекты, возникающие в производстве работ

К дефектам, возникающим при нарушении технологии производства строительно-монтажных работ, относят (рис. 2, 3):

- использование материалов с пониженными теплозащитными свойствами вместо принятых материалов по проекту;

- нарушение технологической последовательности при монтаже элементов фасадных систем;

- нарушение технологии устройства швов между панелями;

- нарушение технологии устройства основания несущей стены (рис. 2);

- нарушение технологии монтажа теплоизоляционного слоя (рис. 3);

- образование неучтенных в проекте «мостиков холода» при устройстве элементов фасадных систем [3].



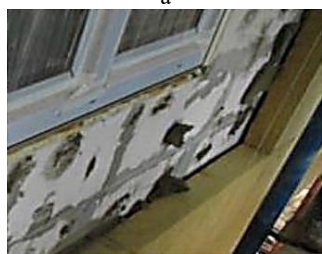
а



б



в



г



д



е

Рис. 2. Дефекты устройства оснований

а – превышение толщины швов каменной кладки; б – нарушение устройства швов каменной кладки; в – неплоскостность поверхности оснований; г – «наплывы» на поверхности основания; д – зазор в деформационном шве между основанием и плитой перекрытия; е – образование неучтенных в проекте «мостиков холода»



Рис. 3. Нарушения технологии устройства теплоизоляционного слоя

а – зазор в стыке плит перекрытия; б – зазор в стыке кронштейна с плитой утеплителя; в – отслоение теплоизоляционного слоя от основания; г – нарушение устройства ветро-гидроизоляционной мембраны

К дефектам, возникающим при нарушении режима эксплуатации, относятся:

- нарушение температурно-влажностного режима ограждающей конструкции;
- изменение характеристик ограждающей конструкции в результате физического износа;
- образование дополнительных теплопроводных включений при ремонтах и реконструкциях.

В последнее время при строительстве новостроек и при ремонте и реконструкции старых

домов широкое применение в качестве ограждающих конструкций находят навесные фасадные системы. Все навесные системы традиционно состоят из утеплителя, металлического каркаса и облицовки (рис. 4) или штукатурного слоя.

Такие системы имеют значительную теплотехническую неоднородность, на которую оказывают влияние как конструктивные составляющие системы, так и дефекты строительных работ.

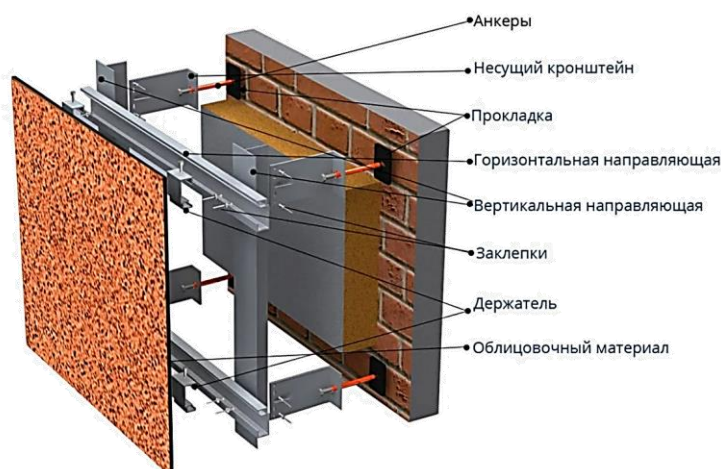


Рис. 4. Стены с навесными фасадами с облицовкой

Исследованием воздействия конструктивных элементов навесных фасадов на теплозащиту стеновых ограждающих конструкций занимался

П.В. Монастырев, который разработал методику расчета коэффициента теплотехнической

неоднородности с учетом влияния элементов навесных фасадных систем [4].

Также на теплотехническую неоднородность стеновых ограждающих конструкций с навесной фасадной системой влияют различные дефекты теплозащиты, количественная оценка влияния которых оставалась неизученной.

На основании результатов обследований навесных фасадных конструкций в Луганской и Донецких Народных Республиках была получена статистика основных дефектов устройства теплоизоляционного слоя стен (рис. 5).

Как видно из диаграммы (рис. 5), наибольший процент дефектов обнаружен при устройстве утеплителя с зазорами между плитами (рис. 6).



Рис. 5. Статистика дефектов стеновых фасадных систем в ЛНР и ДНР



Рис. 6. Зазор между плитами утеплителя

Для определения количественного влияния дефектов строительных работ на теплозащитные свойства ограждающей конструкции были проведены лабораторные испытания наиболее характерных дефектов при устройстве наружной теплоизоляции.

Приведенное сопротивление теплопередаче фрагмента ограждающей конструкции определялось по результатам испытаний в соответствии с ГОСТ

26254-84 [7]. В результате экспериментальное значение приведенного сопротивления теплопередаче фрагмента ограждающей конструкции с учетом влияния отслоения ($t=0,01\text{м}$) плит утеплителя от основания составило $1,56 \text{ (м}^2\cdot\text{°C)/Вт}$ (-107,7 %); с учетом влияния зазора ($t=0,01\text{м}$) в стыке плит утеплителя – $2,26 \text{ (м}^2\cdot\text{°C)/Вт}$ (-21,7 %); с учетом влияния зазора ($t=0,015 \text{ м}$) в стыке утеплителя и кронштейна – $3,08 \text{ (м}^2\cdot\text{°C)/Вт}$ (-2,92%).

Для уменьшения влияния дефектов ограждающей конструкции рекомендовано выполнение следующих требований:

– не допускать образования зазора в стыке плит утеплителя. Допуск в 2 мм, указанный в своде правил [8], согласно проведенным исследованиям, является недопустимым без обоснования в проекте производства работ. Так, для многослойной стеновой ограждающей конструкции с толщиной основания 0,25 м, коэффициентом теплопроводности основания 0,7 Вт/м·°С, толщиной минераловатного утеплителя 0,15 м, коэффициентом теплопроводности утеплителя 0,042 Вт/м·°С влияние зазора в 2 мм на теплозащиту 1 м² составило минус 9 %. При невозможности избежать возникновения данного фактора необходимо заполнить стык материалом утеплителя;

– не допускать образования зазора в стыке кронштейна с плитой утеплителя. Место прохождения кронштейна сквозь утеплитель необходимо предварительно прорезать по размерам кронштейна. Заранее удалять фрагмент утеплителя для прохождения кронштейна не допускается. При возникновении данного фактора рекомендуется заполнить стык материалом утеплителя;

– не допускать отслоения плит утеплителя от основания. Перед началом монтажа утеплителя в обязательном порядке оформлять акт приемки плоскостей фасада с проверкой качества поверхности. Локальные неровности поверхности должны быть устранены;

– обеспечить соответствие толщины основания проектному решению. Возможные отклонения от проекта не должны превышать установленных допусков. При отсутствии в проекте допусков предельные отклонения не должны превышать значений, указанных в [8];

– обеспечить соответствие значения коэффициента теплотехнической однородности материала основания проектному решению. При необходимости производить инструментальный контроль для определения фактического значения теплофизических характеристик с последующим сравнением с проектными значениями;

– обеспечить соответствие толщины теплоизоляционного слоя проектному решению. Возможные отклонения от проекта не должны превышать заложенных в проекте допусков. При отсутствии в проекте допусков предельные отклонения не должны превышать значений, указанных в сертификатах на применяемый материал;

– обеспечить соответствие значения коэффициента теплотехнической однородности материала теплоизоляционного слоя проектному решению. При необходимости производить инструментальный контроль для определения фактического значения теплофизических характеристик с последующим сравнением с проектными значениями;

– не допускать нарушения устройства стыка основания с плитой перекрытия с образованием несплошностей. При нарушении требуется выполнить герметизацию зазора.

Выводы. В статье показаны основные дефекты, которые возникают при установке и эксплуатации теплоизоляционных материалов для ограждающих конструкций. Также показано количественное влияние дефектов строительных работ при устройстве наружных ограждающих конструкций на параметры энергоэффективности; сформулированы рекомендации по проведению строительного контроля качества работ по устройству наружных ограждающих конструкций по параметрам энергетической эффективности. Указанный в СП 70.13330.2012 [8] допуск на зазор между плитами утеплителя (не более 2 мм), согласно результатам проведенных исследований, является недопустимым.

Л и т е р а т у р а

1. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий / Госстрой России. - М., 2004.
2. Федеральный закон Российской Федерации от 30.12. 2009 № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».
3. Гагарин, В.Г. Продольная фильтрация в современных ограждающих конструкциях / В.Г. Гагарин, В.В. Козлов, И.А. Мехнецов // АВОК. – 2005. – № 5. – С. 60 – 74.
4. Теплотехнические особенности проектирования утепленных наружных стен с вентилируемым фасадом: учеб. пособие / П. В. Монастырев, В.М. Езерский, Б.В. Гусев и др. - М., 2006.
5. Вавилов, В.П. Инфракрасная термографическая диагностика в строительстве и энергетике / В.П. Вавилов, А.Н. Александров. – М.: НТФ «Энергопрогресс», 2003. – 76 с.
6. Лездин, Д.Ю. Практика применения тепловизионного контроля в строительстве / Д.Ю. Лездин // АВОК. – 2005. – № 7. – С. 64 – 70.
7. ГОСТ 26254-84. Здания и сооружения. Методы определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций. Введ. постановлением Государственного комитета СССР по делам строительства от 02.08.1984 г. № 127. – М.: Изд-во стандартов, 1994.
8. СП 70.13330.2012. Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87.
9. Байбурин, А.Х. Моделирование влияния дефектов строительства на тепловые потери оболочки гражданских зданий / А.Х. Байбурин, Г.А. Пикус, А.Е. Русанов, М.М. Рыбаков, А.Ю. Самарин // Тезисы докладов VIII Международной научной конференции «Задачи и методы компьютерного моделирования конструкций и сооружений». – М., 2019. – С. 31.

Zasko V.V., Maligina O.A.

ORGANIZATION OF CONSTRUCTION CONTROL FOR PARAMETERS OF ENERGY EFFICIENCY

The article is devoted to the improvement of energy efficiency of buildings. The classification of heat protection defects is given. Practical measures of the organization of

external protecting structures construction quality control with the help of parameters of energy efficiency are defined.

Key words: *construction control, external protecting structures, parameters of energy efficiency.*

Засько Виталий Васильевич, доцент кафедры проектирования и технологии строительства ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

E-mail: vizasko@yandex.ru

Малыгина Оксана Александровна, старший преподаватель ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

E-mail: oksalita@mail.ru

Zasko Vitalii, Ph.D. (Eng.), associate Professor, «LSU named after V. Dahl».

E-mail: vizasko@yandex.ru

Malygina Oksana, senator teacher, «LSU named after V. Dahl».

E-mail: oksalita@mail.ru

Рецензент: Соколов Владимир Ильич, д.т.н., профессор, профессор кафедры вентиляции, теплого- и водоснабжения института строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства ФГБОУ ВО Луганский государственный университет имени Владимира Даля, г. Луганск.

Статья подана 11.11.2023

УДК 69.003

ПРЕИМУЩЕСТВА ПРИМЕНЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗДАНИЙ В СОВРЕМЕННОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Клинчаян А. В., Назарова А. М.

ADVANTAGES OF USING BUILDING INFORMATION MODELING IN MODERN DESIGN AND CONSTRUCTION

Klinchayan A. V., Nazarova A. M.

Современный мир стремительно меняется. Цифровая эпоха поменяла нашу жизнь и предъявляет новые требования к строительной отрасли. В статье автор исследовал применение информационного моделирования в проектировании и строительстве, провел анализ существующих методов и инструментов информационного моделирования и рассмотрел его преимущества и потенциальные проблемы. В результате исследования автор пришел к выводу, что информационное моделирование позволяет улучшить процесс проектирования и строительства, обеспечивая более точное представление объекта и его характеристик, а также упрощает взаимодействие между различными участниками проекта. Однако автор также отмечает необходимость правильного использования информационного моделирования и подготовки персонала для работы с ним. В целом статья дает обзор применения информационного моделирования в проектировании и строительстве и подчеркивает его значимость и потенциал для улучшения процесса строительства.

Ключевые слова: информационное моделирование, автоматизация, проектирование, здания, сооружения, BIM-технологии, строительство.

Введение. Информационное моделирование зданий (BIM) является современным подходом к проектированию и строительству, который позволяет виртуально создать все аспекты здания, начиная от проекта и заканчивая строительными и эксплуатационными характеристиками. Этот методологический подход к проектированию и строительству дает ряд преимуществ и улучшений в сравнении со стандартными методами. Относительно недавно в России был принят закон, по которому с целью экономии бюджетных средств при создании объектов недвижимости все госзаказы в строительстве до конца 2022 года должны использовать технологию информационного моделирования.

Цель работы заключается в том, чтобы обозначить и описать преимущества применения информационного моделирования зданий в современном проектировании и строительстве. Это поможет понять, почему использование BIM

является важным и выгодным для проектов независимо от их масштаба и сложности.

Изложение основных материалов. С тех пор как появились первые здания и сооружения, строительство и проектирование прошло долгий путь от простых конструкций до сложных многоэтажных зданий и инфраструктуры. Вспомним, что еще недавно представляло собой проектирование: архитектор брался за линейку и карандаш, вычерченные вручную чертежи будущего здания на ватмане, а чтобы представить объемную модель здания или сооружения, выполнялись макеты. Но современные технологии изменяются очень быстро. На сегодняшний день суть проектирования осталась прежней, но радикально изменились инструменты проектирования, компьютер позволил оптимизировать ряд операций, появился новый подход к созданию и визуализации зданий и сооружений, произошел переход от бумажного выполнения чертежей к цифровизации, к 3D моделированию, к информационному моделированию зданий – BIM (building information modeling).

Между 3D моделированием и BIM-технологией существует сходство в том, что в обоих случаях выполняется объемная модель здания в трехмерном пространстве. Но BIM тесно связан с базой данных объекта и, в отличие от 3D моделирования, учитывает не только внешний вид, текстуру материалов, но и физические, технологические, экономические данные, размещение в пространстве, стоимость каждого отдельного элемента строительства и др. Рассмотрим более подробно, что представляет собой информационное моделирование зданий. На начальных этапах BIM-проектирование было представлено как эффективная интегрированная 3D-модель, которая предоставляла все виды чертежей, содержала информацию по архитектуре, конструкциям, инженерному оборудованию. В BIM-модель здания входили три модели: архитектурная, конструктивная и инженерно-коммуникационная. В свою очередь

инженерно-коммуникационные модели делились на несколько типов по виду коммуникаций: вентиляция, отопление, электроснабжение, канализация, водопровод, газоснабжение и так далее. При применении BIM-технологий основная часть операций выполнялась автоматически с помощью специальных профессиональных программ, как например: ArchiCAD, 3D Max и других. Впоследствии акценты сместились на управление всей информацией об объекте на всех этапах жизненного цикла этого объекта строительства. BIM-технологии позволяют создавать сооружения самых разных концепций, что в свою очередь позволяет учитывать многие факторы, которые возникают при проектировании сооружения и его строительстве, эксплуатации, а также при сносе. Теперь строительство, эксплуатация, реконструкция и демонтаж, т. е. все эти этапы жизненного цикла объекта строительства, становятся более эффективными. Применение BIM-проектирования позволяет достичь ряда преимуществ. Например, сразу создается полноценная 3D-модель здания, повышается уровень автоматизации, упрощается составление смет и другой документации, а также упрощается обмен информацией, её анализ, кроме того, обеспечивается большая безопасность и так далее. Что важно, единая информационная модель предусматривает коллективную работу, которая объединяет специалистов всех разделов проектирования: технологов, архитекторов, конструкторов, инженеров внутренних и наружных сетей, эксплуатирующие службы, сотрудников завода-изготовителя и т. д. Все заинтересованные участники процесса имеют постоянный доступ к модели, наполненной полезной и актуальной информацией, инженерной, хронологической, финансовой и так далее, в реальном времени. Такая технология представляет модель здания не как отдельные чертежи и сметы, а как единый объект, в котором объединено все, что касается строительства: конструктив, общий вид здания, окружающая среда, дизайн интерьера с перечнем и количеством мебели и оборудования, экономическая составляющая, коммуникации, логистика, этапы строительства и др.

При использовании этой технологии сам заказчик может наблюдать визуализацию того, каким будет объект, вносить коррективы по ходу работы, т. е. стать полноправным участником строительства. При таком способе проектирования ещё непостроенное здание будто «оживает» на экране и позволяет заменить любые возможные недочеты и проблемы. Что ещё важно, BIM – это интерактивная модель, если изменить какой-то один показатель, система пересчитает все остальные данные, кроме того, легко можно обновить или изменить различные детали дизайна или фасада до того, как объект будет введен в эксплуатацию, и эти

изменения будут учтены во всех необходимых чертежах.

Кроме того, с помощью BIM можно просчитать процессы, которые будут происходить в уже построенном объекте. Происходит это следующим образом: вся информация о здании, материалах, способе его использования, климате и других факторах переносится в цифровой вариант, после чего система просчитывает возможные варианты развития событий.

Результаты исследований. Исследования в области информационного моделирования для проектирования и строительства (BIM) имеют большое значение для улучшения эффективности и качества процессов проектирования и строительства. Рассмотрим несколько основных направлений исследований и их результаты:

1. Интеграция данных: исследования в этой области фокусируются на разработке методов и средств интеграции данных, полученных от различных участников процесса проектирования и строительства. В результате решаются вопросы интеграции географических и геометрических данных для создания полной и точной модели.

2. Автоматизация и оптимизация процессов: такие исследования направлены на поиск способов и методов оптимизации расчетов, автоматизацию создания строительной документации и улучшение совместной работы участников проекта. Это позволяет избежать дублирования работ, улучшает коммуникацию и сокращает время, затраченное на проектирование и строительство.

3. Управление проектом и строительством: эти исследования включают в себя изучение наиболее рационального подхода к планированию управления проектом и строительством, что позволяет минимизировать ошибки и конфликты на стадии проектирования и выполнения работ, а также оптимизировать процессы строительства и контроль над бюджетом. А так как BIM-модели обладают централизованным доступом к информации, то это упрощает управление проектом и облегчает координацию между различными участниками команды.

4. Исследования эффективности: BIM позволяет моделировать и оценивать энергопотребление зданий, что помогает разрабатывать более эффективные системы отопления, вентиляции, кондиционирования и улучшать общую энергоэффективность конструкций.

5. Анализ дизайна и конструкций: исследования в этой области позволяют проводить глубокий анализ конструкции зданий на основе виртуальных моделей, что помогает улучшить проектирование, устранить потенциальные проблемы и оптимизировать эффективность строительства.

6. Визуализация и виртуальная реальность: это включает в себя разработку инструментов

виртуальной реальности и дополненной реальности для более наглядного представления моделей и возможности лучшего понимания и взаимодействия с ними. Ведь трехмерные модели BIM лучше воспринимаются заказчиками и заинтересованными сторонами, что помогает им более полно понять конечный результат.

Результаты исследований в области информационного моделирования для проектирования и строительства позволяют облегчить и ускорить процессы проектирования и строительства, улучшить качество проекта, облегчить совместную работу участников проекта и сократить затраты. Они также открывают новые возможности для инноваций и усовершенствования традиционных подходов в строительстве.

Конечно, применение BIM-технологий в проектировании стало значительным шагом в индустрии строительства, но есть несколько проблем, которые могут затруднять их внедрение в полной мере, например: высокие затраты на внедрение, ведь переход на BIM требует значительных инвестиций в обучение и переобучение персонала, приобретение специализированного программного обеспечения и обновление оборудования; отсутствие единого стандарта для BIM; проблемы с конфиденциальностью и безопасностью данных; неполное принятие индустрией, так как некоторые компании и специалисты все еще не полностью уверены в преимуществах и эффективности BIM-технологий, что замедляет их широкое внедрение.

Вывод. Таким образом, несмотря на то, что BIM-технологии требуют дополнительных усилий для разработки более эффективных стратегий внедрения, информационное моделирование зданий не только улучшает практические аспекты проектирования и строительства, но и способствует развитию более эффективных, устойчивых и инновационных методов в строительной отрасли. Информационное моделирование – это не просто современный метод строительства и проектирования, а совершенно новый подход к возведению, наполнению, решению вопросов эксплуатации, управлению зданием как объектом коммерческой деятельности, проведению ремонта здания, к управлению всем жизненным циклом объекта вместе с его экономической составляющей.

Литература

1. Лустина О.В., Бикбаева Н.А., Купчиков А.М. Использование BIM-технологий в современном строительстве // Молодой учёный. Международный научный журнал. – 2016. – № 15, Т. 2. – С. 190 с.
2. Талапов В.В. Информационное моделирование зданий – современное понимание. – URL: http://www.cadmaster.ru/magazin/articles/cm_54_info_model_build.html. (дата обращения: 02.04.2019).
3. Талапов В.В. Основы BIM: Введение в информационное моделирование зданий. – М.: ДМК Пресс, 2011. – 392 с.
4. Успешный переход от 2D- к 3D-проектированию. – URL: <https://sapr.ru/article/21528>. (дата обращения: 02.04.2019).
5. Козлов А.В., Козлова А.В. Применение ЛИРА-САПР для моделирования жизненного цикла сооружения в расчетах мостовых конструкций // Материалы Всероссийского форума «BIM. Проектирование. Строительство. Эксплуатация». Воронеж. Воронежский государственный технический университет. – 2018. – С. 21.
6. План внедрения технологий информационного моделирования зданий (BIM – Building Information Modeling) в области промышленного и гражданского строительства. – URL: <http://www.minstroyrf.ru/press/3d-proektirovanie-budet-ispolzovatsya-v-oblastipromyshlennogo-igrzhdanskogo-stroitelstva/>. (дата обращения: 02.04.2019).
7. Бахарева О.В., Кордончик Д.М. Исследование интеграционных процессов – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=yuupkj&ysclid=lqf11c4gzj362538642>.
8. BIM-инновационной среды в реальном секторе экономики региона // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – 2018. – С. 102 с.

Klinchayan A.V., Nazarova A.M.

ADVANTAGES OF USING BUILDING INFORMATION MODELING IN MODERN DESIGN AND CONSTRUCTION

The modern world is changing rapidly. The digital age has changed our lives and places new demands on the construction industry. Building Information Modeling (BIM) is a modern approach to design and construction that allows you to create virtually all aspects of a building, starting with the project and ending with construction and operational characteristics. Building Information Modeling (BIM) technologies are being actively introduced into design and construction for several good reasons: a holistic project overview, Effective design and planning, cost estimation and project management, Improved communication, lifecycle management, regulatory compliance, sustainability and energy efficiency, and risk reduction. Information modeling makes it possible to improve the design and construction process, providing a more accurate representation of the object and its characteristics, and also simplifies interaction between various project participants.

Key words: Information modeling, building, modern approach, design, construction.

Клинчян Авет Владимирович, доцент кафедры промышленного, гражданского строительства и архитектуры института строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.
E-mail: avetklinch@mail.ru.

Назарова Анна Михайловна, старший преподаватель кафедры промышленного, гражданского строительства и архитектуры института строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

E-mail: ivasishina.anya@mail.ru

Klinchayan Avet Vladimirovich, Associate Professor of the department of industrial, civil engineering and architecture. Institute of building, architecture and housing and communal services of «LSU named after V. Dahl».

E-mail: avetklinch@mail.ru.

Nazarova Anna Mikhailovna, senior lecturer of the department of industrial, civil engineering and architecture. Institute of building, architecture and housing and communal services of the «LSU named after V. Dahl».

E-mail: ivasishina.anya@mail.ru.

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

Статья подана 04.12.2023

УДК 697

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Копец К. К.

WAYS TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF HEAT SUPPLY SYSTEMS

Kopets K.

Системы теплоснабжения представляют собой сложные инженерные системы, требующие интеграции различных компонентов и технического обслуживания. Рациональное использование энергетических ресурсов, оптимальная транспортировка и распределение тепла, а также обеспечение безопасности и надежности – все это является ключевыми аспектами, которые должны быть учтены при проектировании и эксплуатации систем теплоснабжения. Статья посвящена вопросам повышения эффективности систем теплоснабжения. Проанализированы публикации, посвященные данной тематике. Сделан вывод об основных мероприятиях, которые позволят усовершенствовать систему теплоснабжения и снизить затраты на энергосбережение.

Ключевые слова. Теплоснабжение, системы теплоснабжения, регулирование, эффективность систем теплоснабжения, теплогенерирующие установки.

Введение. Теплоснабжение является одной из важнейших отраслей экономики. Оно обеспечивает комфортные условия проживания и работы людей, а также является основой для развития промышленности и сельского хозяйства. Однако тепловые сети и оборудование, используемые в системах теплоснабжения, имеют достаточно высокий износ, что приводит к значительным потерям тепловой энергии.

Системы теплоснабжения (СТС) являются сложными техническими комплексами, которые включают в себя различные сооружения, устройства, оборудование и коммуникации. Они предназначены для производства, транспортировки, распределения и потребления тепловой энергии. Для обеспечения экономической и технологической эффективности СТС необходимо рационально использовать первичные энергетические ресурсы.

Для достижения этой цели важно внедрять новые технологические процессы, проводить реконструкцию и модернизацию энерго- и топливопотребляющего оборудования, а также снижать потребление топлива. Например, за счет внедрения ветроэнергетических установок [1]. Оптимизация выбора режимов эксплуатации теплогенерирующих установок (ТГУ) систем теплоснабжения и энергосбережение также играет важную роль в обеспечении ресурсов топлива, электрической и тепловой энергии.

Однако для эффективного функционирования СТС необходим системный подход к процессам обеспечения тепловых режимов ТГУ. Это означает, что необходимо учитывать все аспекты, связанные с экономической и технологической эффективностью. Одной из проблем, с которой сталкиваются владельцы СТС, является отсутствие соответствующих регуляторов, которые могут обеспечить высокую эффективность ТГУ [2]. Это связано с тем, что существующие математические модели не всегда достаточно точно описывают динамику термогазодинамических процессов.

Для повышения эффективности ТГУ необходим комплексный научный подход, включающий моделирование, проектирование и эксплуатацию. Особенно важно применять этот подход при разработке перспективных ТГУ, где наличие нечетко определенных факторов затрудняет построение адекватных математических моделей процессов [3].

Цель работы – рассмотреть возможность повышения эффективности систем теплоснабжения за счет совершенствования характеристик теплогенерирующих установок и внедрения новых технологий.

Повышение эффективности систем теплоснабжения предусматривает целый комплекс мероприятий, которые можно условно разделить на три группы.

Первая группа – использование более эффективного оборудования. Первая группа мероприятий подразумевает использование более эффективного оборудования на тепловых пунктах. В частности, снижение расходов, которые энергоустановки тратят на собственные нужды. Значительный эффект может дать установка экономичных котлов с более высоким КПД, например конденсационных.

Конденсационные котлы работают по принципу конденсации паров воды, образующихся при сгорании топлива. В результате этого КПД таких котлов может достигать 90 – 95%, что значительно выше, чем у традиционных котлов (70 – 80%).

В качестве перспективных технологий можно упомянуть системы когенерации и тригенерации. При когенерации вырабатывается сразу два вида энергии: электрическая и тепловая, а при тригенерации к ним добавляется еще и холод. КПД таких систем очень

высок, доходя до 90 – 92 процентов, но широкого распространения они еще не получили.

Значительного повышения эффективности тепловых систем можно добиться при использовании принудительной циркуляции теплоносителя. Это достигается путем установки насосов в магистральной теплоснабжения.

Тепловые пункты необходимо оснащать узлами учета тепловой энергии, чтобы иметь возможность отслеживать, на что и сколько энергии расходуется. Важно, чтобы теплосчетчики были защищены от несанкционированного вторжения с целью фальсификации показаний.

Вторая группа – снижение теплопотерь. Значительная часть потерь тепла приходится именно на тепловые трассы. Многим приходилось видеть зимой свободные от снега "коридоры" над участками подземной теплотрассы. По сути дела, в течение всего отопительного сезона совершенно бесплатно обогреваются десятки, а то и сотни кубометров грунта.

Основной способ борьбы с ними – это использование современных высокоэффективных теплоизоляционных материалов. Это позволяет снизить до минимума утечку тепла в окружающую среду.

Помимо теплоизоляции, немалый эффект может дать использование новых труб. Во-первых, это позволит уменьшить количество протечек, а во-вторых, улучшит гидравлические характеристики. Стенки новых труб гладкие, лишены наростов ржавчины и минеральных отложений. В результате этого снижается гидравлическое сопротивление, что позволяет снизить потери тепла на преодоление сопротивления потока [4].

Третья группа – модернизация тепловых сетей. Третья группа мероприятий направлена на модернизацию тепловых сетей. Кроме того, для повышения эффективности теплоснабжения можно использовать следующие меры:

- * внедрение автоматизированных систем управления теплоснабжением;

- * внедрение систем дистанционного мониторинга и контроля за состоянием тепловых сетей;

- * внедрение систем энергосбережения и повышения энергоэффективности в жилых и общественных зданиях.

Реализация комплекса этих мероприятий позволит значительно повысить эффективность теплоснабжения, что будет способствовать снижению затрат на энергоснабжение и повышению комфортности условий проживания и работы людей. Реализация комплекса мер по повышению эффективности теплоснабжения может привести к снижению затрат на энергоснабжение на 20 – 30%.

Выводы. Таким образом, внедрение передовых ресурсо- и энергосберегающих технологий в системы теплоснабжения является неотъемлемой частью обеспечения их экономической и технологической эффективности. Это требует системного подхода, основанного на научных исследованиях и комплексном моделировании процессов, чтобы

обеспечить оптимальное использование энергетических ресурсов и улучшить функционирование СТС.

Литература

1. Бежан, А. В. Повышение эффективности систем теплоснабжения за счет внедрения ветроэнергетических установок / А. В. Бежан // Энергетика. Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ, 2020. – Т. 63, № 3. – С. 285-296.
2. Гусенцова, Я. А. Выбор регулятора для теплогенерирующего объекта / Я. А. Гусенцова, А. А. Коваленко, М. В. Пилавов, К. К. Копец // Инженерные системы и техногенная безопасность: Вестник ДонНУСА. – Макеевка: ДонНУСА, 2017. – Вып. 5 (127). – С. 104-109.
3. Копец, К. К. Уточнение математической модели процесса теплообмена котельной установки учетом аккумулирующей способности оборудования / К.К. Копец // Fundamental and applied science -2019: Материалы XV Научно-практической конференции, 30 октября – 7 ноября 2019 года. – Шеффилд, 2019. – С. 18-23.
4. Способы повышения эффективности систем теплоснабжения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://prizma52.ru/index.php/teploenergetika/77-sposoby-povysheniya-effektivnosti-sistem-teplosnabzheniya>.

Копец К.

WAYS TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF HEAT SUPPLY SYSTEMS

Heat supply systems are complex engineering systems that require the integration of various components and maintenance. Rational use of energy resources, optimal transportation and distribution of heat, as well as ensuring safety and reliability are all key aspects that must be taken into account when designing and operating heat supply systems. The article is devoted to improving the efficiency of heat supply systems. The publications devoted to this topic are analyzed. The conclusion is made about the main measures that will improve the heat supply system and reduce energy saving costs.

Key words. Heat supply, heat supply systems, regulation, efficiency of heat supply systems, heat generating plants.

Копец Карина Константиновна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Вентиляция, теплогаз- и водоснабжение», институт строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

E-mail: karina_0101@mail.ru.

Kopets Karina, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department "Ventilation, heat, gas and water supply", Institute of Construction, Architecture and Housing and Communal Services of «LSU named after V. Dahl».

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

Статья подана 09.12.2023 г.

УДК 711.4-163

МНОГОЭТАЖНЫЙ ДВОР

Лямцев В. Г.

MULTI-STOREY COURTYARD

Lyamtsev V. G.

В статье поднимаются актуальные вопросы по проблеме реконструкции существующей жилой застройки и строительства в будущем современных, нового качества благоустройства жилых дворов, микрорайонов, в связи с быстро меняющимися потребностями человека в условиях бурно развивающейся структуры современного транспортного обеспечения населения. В статье акцентируется внимание на проблеме транспортного коллапса во дворах и микрорайонах города Луганска, обнажаются причины и предлагаются концептуальные варианты решения, уже опробованные и широко внедряемые в новое строительство в городах России.

Ключевые слова: многоэтажный двор, личный транспорт, жилая среда, благоустройство, вертикальное зонирование, придомовая территория, парковка.

Введение. Есть в градостроительстве темы и их проблемы, которые можно обсуждать бесконечно. К таким относятся улично-дорожная структура и транспорт на всех этапах развития от документов и схем по территориальному планированию муниципальных образований, до решений генеральных планов в проектах детальной планировки жилых районов и микрорайонов. Имеется в виду вызванная современными потребностями человека трансформация функциональных задач, требующая быстрой ответной реакции проектировщиков.

Изложение основного материала. В учебном пособии В.А. Черепанова «Транспорт в планировке городов» 1981 года утверждается, что «сложившиеся ранее традиции планировки улиц перекрестков и площадей городов не соответствуют современным размерам и организации движения транспорта и пешеходов», а любой житель города Луганска образца 2023 года это подтвердит и к этому эмоционально добавит (или спросит):

- что парковочных мест в городе в виде карманов вдоль проезжей части дорог не хватает;

- что временных стоянок для общественных пространств любого функционального назначения вообще нет;

- что мест хранения личного автотранспорта недостаточно, а для этой цели используются

гостевые парковки у подъездов жилых домов, разворотные площадки проездов, газоны, хозяйственные, игровые и любые другие площадки, пешеходные тротуары и зеленые зоны.

Основные причины, приведшие к такому негативу в этом вопросе, очевидны. Одни из них положительные, например, каждые полгода радуют глаз разнообразием и современным дизайном на наших дорогах бренды иностранного автопрома. И как следствие, имеем негатив в виде автохлама, засоряющего наше жизненное пространство. А также причины более глобальные:

- не соответствие современным нормативным требованиям сложившихся, ранее существующих, традиционных, планировочных, решений улиц, перекрестков и площадей города;

- вывод из общественного транспорта всего трамвайно-троллейбусного парка машин, что привело к значительному увеличению интенсивности движения на автомагистралях города;

- резкий рост количества личного автотранспорта на одного жителя (что совсем неплохо и свидетельствует о росте благосостояния жителей Луганска) возвращает к проблеме мест хранения;

- ухудшение состояния антропогенных факторов.

Судя по всему, метод оценок и прогнозирования при разработке последнего генерального плана города Луганска до 2029 года по вопросам на данную тему не дал ожидаемых результатов или вообще не проводился. Поэтому необходимо попытаться найти уже в ближайшее время профессиональное градостроительное решение и возможности его реализации. И дальнейшие вопросы будут посвящены поиску эффективных решений жилой среды микрорайона и формированию жилого двора в связи с трансформацией потребностей современного жителя. Являясь функциональным продолжением жилища, на самом деле двор – та самая сложная и быстро реагирующая на изменения в быту человека территория.

Обследование дворов многоквартирных домов в городе Луганске показало, что существующее обустройство дворовых территорий находится в неудовлетворительном состоянии, не отвечает современным требованиям и давно нуждается в реконструкции. Дворовая территория микрорайонов и жилых кварталов Луганска – это застройка «хрущевского» времени, а также периода 80, 90 гг., когда получил распространение блок-секционный метод застройки, при котором создавались жилые дома разнообразных вариантов компоновки благодаря определенному набору блок-секций. Территория такого жилого образования с набором унифицированного оборудования площадок, основных (5,5 м) и второстепенных (3,5 м) проездов и только с разъездными карманами делала дворовое окружение довольно однообразным, хотя и отвечала потребностям своего времени.

Большинство придомовых территорий не оснащено специальными парковочными местами или их недостаточно. Отсутствие выделенных мест для стоянки вынуждает автовладельцев оставлять свои автомобили в местах, где парковка категорически запрещена действующими правилами дорожного движения.

Огромная часть машин ночует прямо во дворе, где только автомобиль не встретишь припаркованным, а все потому, что двор не обеспечивает достаточное количество мест не только паркования, но и хранения автомобильного транспорта. Сегодня это одна из основных проблем жилого двора: конфликт между автомобилем и человеком. Стихийная парковка автомобилей внутри двора создает не только визуальный дискомфорт, но и затрудняет доступ жителям к озелененным пространствам.

Один из интересных новаторских проектов благоустройства дворового пространства, еще с 1960-х годов, предлагали московские архитекторы Александр Самсонов, Леонид Дюбек и Абрам Шапиро под руководством Михаила Посохина и в 1975 году, на юге Москвы начали возводить знаменитый микрорайон Чертаново Северное. Самое интересное новаторство касалось зонирования пространства района по вертикали с использованием естественного перепада высот. К сожалению, эта новаторская концепция стала активно поддерживаться только сейчас, в противоречие с ней вступали довлеющие надо всем типизация и стандартизация.

Сейчас Луганску есть из чего выбирать – концепция стала реальностью. В одной только Москве можно насчитать немало жилых комплексов, реализуемых с соблюдением концепции под трендами «двор без машин», «многоэтажный двор», «город в городе». По данным экспертов, по такому принципу возводится треть жилых домов по всей России.

Результаты исследований. Преимущества. Основное преимущество – дополнительное

пространство для времяпровождения. На освободившихся от машин внутренних дворах появляются зоны для тренировки на спортивных тренажерах, игровые площадки для детей всех возрастов, аллеи, рощи и даже водоемы с благоустроенными набережными.

Следующее преимущество – отсутствие гула автомобилей и звуков сигнализаций. Правда, это касается только тех жильцов, чьи окна не выходят на проезжую часть. В любом случае на придомовой территории без машин тише и уютнее.

Третье преимущество – безопасность жителей. Да, во дворах стоят знаки, ограничивающие скоростной режим, но погодные условия и состояние водителей бывают разными. За маленьким ребенком на прогулке по двору с машинами нужен «глаз да глаз». А во дворе нового поколения за это можно не переживать.

Концепция «многоуровневости» выражается в трехмерном понимании среды, многоуровневой функциональной целостности. Предлагаемая концепция «многоэтажный двор» состоит из разных функционально-технологических уровней: подземный, наземный и надземный.

Подземный уровень – технический. Может быть в нескольких уровнях (в зависимости от горно-геологических условий строительства). Сюда входят объекты хранения, паркования и обслуживания автомобильного транспорта. А также объекты, не требующие инсоляции (согласно СНиП и СанПиН). Сегодня, наверное, одним из основных условий комфортного проживания является возможность хранения и паркования личного транспорта в непосредственной близости от квартиры. Подземный технический уровень в «многоэтажном» дворе» позволит решить проблему паркования.

Наземный уровень – территория максимального озеленения и благоустройства. Наземный уровень представляет собой систему зонированных пространств (площадок) разной функциональности. Одними из них являются тематические площадки с соответствующим оборудованием, выстроенные по системе возрастного разграничения, таким образом снижается вероятность столкновений интересов разных социальных групп и конфликтов. Сетка аллей и дорожек запроектирована согласно сценарию пешеходного и велосипедного движения.

Надземный уровень – повышенные дворовые внутриквартальные зоны в виде пешеходных, прогулочных и других целевых пространств, соединяющихся между собой мостами.

Схема движения по второму уровню позволяет из любой точки двора или крупного жилого комплекса безопасно пройти, нигде не пересекая автомобильное движение, к нужному социальному объекту.

Наземный и надземный уровни соединяются коммуникациями, а также могут гармонично объединять игровое пространство детских

площадок, горок-пандусов (круглогодичное использование). Второй уровень усиливает общее композиционное решение двора: выделяет доминирующие объемы, пространства и оси (площади, скверы, обводненные территории, малые архитектурные формы, главные узлы пересечения направлений движения).

Выводы. При вертикальном зонировании люди и машины не мешают друг другу, спокойно сосуществуют на разных ярусах. Главное – внутри комплекса не будет машин. «Двор без машин» — это не только популярный тренд в строительстве и благоустройстве, но и очень полезное решение. Но это уже должно быть днем сегодняшним.

Сегодня в России получила приоритетное развитие программа по созданию и использованию беспилотных летательных аппаратов — БПЛА дронов. В недалеком будущем в воздушном пространстве наших городов появятся мультикоптеры в виде воздушного такси, доставки грузов, личного транспорта.

Если градостроительная проектная практика вовремя не отреагирует на это направление развития транспорта, завтра уже трудно будет представить спокойное сосуществование дронов с людьми в борьбе за жизненное пространство в наших дворах и на улицах города. Надо иметь смелость заглядывать в будущее хоть на пару шагов вперед и не на словах, а в проектной деятельности.

Л и т е р а т у р а

1. Журнал по архитектуре, дизайну и градостроительству «Проект Байкал», Иркутск, Октябрь 2009.
2. Градостроительная политика Москвы 2019; Москва-река номинанты премии waf конкурсы; Комитет по архитектуре и градостроительству города Москвы.
3. Архитектурные практики: руководство по применению. Комитет по архитектуре и градостроительству города Москвы. Москва 2018.
4. Градостроительное планирование жилых территорий и комплексов: монография. Т.1: Формирование жилых территорий с новой застройкой / под ред. Ю. В. Алексеева, Г. Ю. Сомова. — М.: Изд-во АСВ, 2010. — 223 с. — чз-1экз аб-1экз
5. Градостроительное планирование жилых территорий и комплексов: монография. Т. 2: Развитие и реконструкция сложившейся жилой застройки / под ред.

Ю. В. Алексеева, Г. Ю. Сомова. — М.: Изд-во АСВ, 2010. — 231 с. чз-1экз аб-1экз

6. Лобанов Е. М. Транспортная планировка городов: учебник для студентов вузов. — М: Транспорт, 1990.—240 с.

7. Черепанов В.А. Транспорт в планировке городов: учебник для вузов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Стройиздат, 1981. — 216 с., ил.

8. Свод правил СП 82.13330.2016 Благоустройство территорий актуализированная редакция СНиП III-10-75.

Lyamtsev V.G.

MULTI-STOREY COURTYARD

The article raises topical issues on the problem of reconstruction of existing residential buildings, and construction, in the future, of modern, new quality of improvement of residential yards, neighbourhoods, in connection with rapidly changing human needs in the rapidly developing structure of modern transport provision of the population. The article focuses on the problem of transport collapse in yards and neighbourhoods of Lugansk city, reveals the reasons and offers conceptual options for solution, already tested and widely implemented in new construction in Russian cities.

Key words: multi-storey courtyard, personal transport, living environment, landscaping, vertical zoning, adjacent territory, parking.

Лямцев Виктор Григорьевич, доцент кафедры «Промышленное, гражданское строительство и архитектура» института строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

E-mail: ack_modulor@mail.ru

Lyamtsev Viktor Grigorievich, Associate Professor of the Department of "Industrial, Civil Engineering and Architecture" of the Institute of Construction, Architecture and Housing and Communal Services of the «LSU named after V. Dahl».

E-mail: ack_modulor@mail.ru

Рецензент: Дрозд Геннадий Яковлевич, д.т.н., профессор кафедры промышленного, гражданского строительства и архитектуры ИСА и ЖКХ ФГБОУ ВО Луганского государственного университета имени Владимира Даля.

Статья подана 28.11.2023

УДК 640.6

ПРОБЛЕМЫ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ

Мордвина Ю. В.

PROBLEMS OF HOUSING AND COMMUNAL SERVICES IN THE MODERN WORLD

Mordvina Yu. V.

Современная сфера ЖКХ сталкивается с рядом серьезных проблем, требующих незамедлительного вмешательства и пересмотра существующих подходов. Наиболее существенными проблемами в сфере ЖКХ являются отсутствие эффективного и специализированного механизма управления жилищно-коммунальным хозяйством, недостаток или отсутствие профессиональных кадров в этой сфере, а также высокие тарифы и их постоянный рост. С точки зрения потребителей услуг ЖКХ, конечная цель должна заключаться в создании комфортных безопасных условий для проживания людей и обеспечении бесперебойного функционирования инфраструктуры. В связи с этим тема статьи является значимой и актуальной.

Ключевые слова: жилищно-коммунальное хозяйство, услуги ЖКХ, проблемы ЖКХ, эффективность управления ЖКХ.

Введение. Благоустройство домов – одна из серьезных проблем, которая касается почти всех городов России.

Тема, которая рассматривается в статье, является очень актуальной в настоящее время в связи с необходимостью улучшения системы жилищно-коммунального хозяйства, создания экономического механизма управления жилищно-коммунальным хозяйством, что является фундаментом для предоставления жизнеобеспечивающих услуг.

Целью исследования данной работы являются изучение, выявление острых проблем в ЖКХ и предложение основных путей их решения.

Изложение основного материала. Жилищно-коммунальное хозяйство (ЖКХ) – это сложная и многоступенчатая система городского хозяйствования, работа которой ориентирована на предоставление услуг народонаселению в области выполнения ремонтных работ, технического и санитарного обслуживания, обеспечения важными ресурсами, такими как электричество, водоснабжение, газ, теплоснабжение.

Ключевыми проблемами ЖКХ в 2023 году являются:

Высокие тарифы и их постоянный рост. Многие граждане РФ недовольны тем, что им приходится расходовать большие суммы на услуги ЖКХ. К тому же многих возмущает непрозрачность расходования средств.

Нехватка хорошего качества предоставляемых услуг. Работники ЖКХ зачастую не справляются со своими обязанностями. Этому есть два объяснения. Старые коммуникации функционируют неэффективно, немало энергии расходуется в никуда, и эти потери должны покрывать жители дома. В жилищно-коммунальной сфере часто работают сотрудники, несоответствующие занимаемой должности, следовательно исполняют работы неправильно, непрофессионально, из-за чего снижается качество работ.

Недостаток контроля за предприятиями жилищно-коммунальной отрасли. Государство слабо контролирует данную сферу, а ЖКХ чувствует свою безнаказанность, потому часто люди встречаются с мошенническими схемами и аферистами, берущими за обслуживание втридорога, а по факту не предоставляющими данные услуги.

Проблемы, связанные с жилищно-коммунальным хозяйством, являются особенно актуальными для жильцов многоквартирных домов. Среди них можно выделить следующие ключевые проблемы:

1. Высокие тарифы на коммунальные услуги, которые ощутимо сказываются на бюджете населения.

2. Низкое качество предоставляемых коммунальных услуг, что негативно сказывается на комфорте и благополучии жильцов.

3. Недостаток капитального или косметического ремонта, который проявляется в отсутствии окрашивания подъездов, несвоевременном ремонте окон, дверей, лавок и других объектов.

4. Проблема коррупции и воровства в сфере ЖКХ, которая нарушает законность и порядок в данной области.

5. Отсутствие должного государственного контроля над деятельностью управляющих компаний, что позволяет им произвольно действовать и не отчитываться перед населением.

6. Недостаточное благоустройство территории, что включает в себя отсутствие достойных условий для отдыха, отсутствие зеленых насаждений, беспорядок на прилегающей территории.

7. Проблемы с водоснабжением, отоплением и поставкой газа, что ведет к неравномерному или низкому напору воды, неэффективному отоплению, нарушению условий комфортной жизни.

8. Аварийное состояние домов и неблагоприятное состояние дорог на придомовой территории, что представляет опасность для жильцов и требует срочных мер по обеспечению безопасности.

9. Некомпетентность работников ЖКХ, что приводит к ненадлежащему выполнению своих профессиональных обязанностей и нарушению качества предоставляемых услуг.

10. Отсутствие информирования населения о финансовой отчетности, что не позволяет жильцам оценить прозрачность и эффективность работы управляющей компании.

11. Проблемы с вывозом мусора, такие как несвоевременная его уборка и недостаточная чистота, что создает негативные условия для проживания.

12. Отсутствие детских площадок возле домов, лавочек, урн и других элементов благоустройства, что негативно влияет на комфорт и безопасность детей и жильцов в целом.

Все эти проблемы являются серьезными вызовами для сферы жилищно-коммунального хозяйства и требуют принятия действенных мер со стороны соответствующих органов власти.

Проблемы функционирования ЖКХ в современной России и перспективы развития этой отрасли сводятся к следующим положениям:

1) В сфере управления многоквартирными домами – ключевым фактором является создание условий, которые будут способствовать росту удовлетворенности жильцов. Для достижения этой цели необходимо повышать ответственность собственников квартир, соблюдать своевременность ремонтных работ и внедрять другие улучшения.

2) В сфере проведения ремонта основными задачами являются качественное и ценово-обоснованное проведение ремонтных работ. Чтобы повысить эффективность системы капитального ремонта, следует привлекать дополнительные финансовые ресурсы, такие как кредитование.

3) В сфере устранения аварийного жилого фонда государство заботится о социально уязвимых слоях населения, переселяя их из аварийных квартир в нормальные жилые условия. В этом

контексте планируется создание некоммерческого фонда аренды, который будет выделяться муниципалитетам для строительства домов с целью переселения людей. Они будут обязаны возратить средства в течение 30 лет.

4) В сфере теплоснабжения правительство обязывает теплоснабжающие предприятия нести ответственность за качественную и надежную поставку тепла.

5) В сфере подачи горячей воды правительство поставило перед собой задачу поэтапного перехода от открытых систем горячего водоснабжения к закрытым системам. Это позволит сократить потери тепловой энергии.

6) В сфере подачи холодной воды основной целью правительства является обеспечение качественной питьевой водой всего населения России, независимо от его достатка или социального положения. Для реализации этой задачи необходимо проводить очистку сточных вод, устранять осадки и минимизировать воздействие антропогенных факторов на окружающую среду.

7) В сфере усовершенствования и повышения энергоэффективности объектов жилищно-коммунального хозяйства требуется активная работа по совершенствованию и энергоэффективности жилых объектов. Это включает в себя внедрение современных технологий и использование экологически чистых источников энергии.

Выводы. Таким образом, для развития отрасли ЖКХ в России необходимо сосредоточиться на управлении многоквартирными домами, проведении качественного ремонта, устранении аварийного жилого фонда, обеспечении надежного теплоснабжения и подачи воды, а также на усовершенствовании энергоэффективности объектов жилищно-коммунального хозяйства.

Насущный и незаменимый характер потребления коммунальных услуг требует, чтобы они были равнодоступны всем, кто нуждается в них, всегда, когда в них возникает потребность, и независимо от платежеспособности их потребителей.

Общедоступность коммунальных услуг потребителю непосредственно в его жилище обеспечивается особой системой организации городской среды прежде всего за счет эффективного функционирования инженерной инфраструктуры (системы жизнеобеспечения). Чем надежнее и эффективнее функционирование инженерных систем города, тем более удобной, комфортной и благоприятной воспринимается городская среда и жилье для жизнедеятельности проживающего населения. Уровень комфортности бытовой жизни определяется степенью доступности услуги, так как чем менее доступна услуга, тем больше времени и труда приходится затратить человеку для удовлетворения своих бытовых потребностей, связанных с использованием данной услуги. Поэтому, в случае когда речь идет о насущных

потребностях, доступность услуг должна быть полной, то есть система должна быть способной удовлетворять потребности в полном объеме. Лишь в этом случае человек ощущает удобство и комфорт бытовой жизни.

Литература

1. Алфёров В. ЖКХ: прошлое и настоящее // Электронный ресурс. – URL: <http://www.234555.ru/publ/9-1-0-287>.
2. Медведев Хищения в сфере ЖКХ стали эпидемией. Электронный ресурс. – URL: <http://www.audit-it.ru/news/finance/400993.html>.
3. Романова А. Формирование доступной среды жилищного фонда / А. Романова, Д. Буркеев. – М.: Инфра-М, 2015. – 158 с.
4. Сиваев С. Б. Как эффективно управлять жилищным фондом. – М.: Фонд «Институт экономики города», 2021.
5. Экономика жилищно-коммунального хозяйства / под ред. д.э.н., проф. Ю.Ф. Симонова. – М.: ИКЦ «МарТ»; Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2022.
6. Кузин Н. Я., Селезнева А. К. Особенности организации капитального ремонта многоквартирных домов // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1.
7. Кузнецова А.И., Долматова А.В. Инновационные технологии в системе ЖКХ // Вестник Московского университета им. С.Ю. Витте. Серия 1: Экономика и управление – № 3 (18). – 2016. – С. 42-49.

Mordvina Yu.V.

PROBLEMS OF HOUSING AND COMMUNAL SERVICES IN THE MODERN WORLD

The modern housing and utilities sector is facing a number of serious problems that require immediate

intervention and revision of existing approaches. The most significant problems in the housing and communal services sector are the lack of an effective and specialized mechanism for housing and communal services management, the lack or absence of professional personnel in this area, as well as high tariffs and their constant growth. From the point of view of consumers of housing and communal services, the ultimate goal should be to create comfortable and safe living conditions for people and ensure the smooth functioning of infrastructure. In this regard, the topic of the article is significant and relevant.

Key words: housing and communal services, housing and communal services, problems of housing and communal services, efficiency of housing and communal services management.

Мордвина Юлия Владимировна, старший преподаватель кафедры общеобразовательных дисциплин института строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г.Луганск.

E-mail: mordvina.ulya@mail.ru

Mordvina Yulia Vladimirovna, senior lecturer of the department of general education disciplines at the Institute of Construction, Architecture and Housing and Communal Services of the «LSU named after V. Dahl».

E-mail: mordvina.ulya@mail.ru

Рецензент: Андрийчук Николай Данилович, доктор технических наук, профессор, директор института строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

Статья подана 11.11.2023

УДК 712

ФОРМИРОВАНИЕ ТРАНЗИТНЫХ ПРОСТРАНСТВ ПОСРЕДСТВОМ ЛАНДШАФТНОЙ АРХИТЕКТУРЫ

Назарова А. М., Межеритский С. И., Лукьянова Т. И.

FORMATION OF TRANSIT SPACES THROUGH LANDSCAPE ARCHITECTURE

Nazarova A. M., Mezheritsky S. I., Lukyanova T. I.

В статье освещен вопрос организации удобных и качественных транзитных транспортных и пешеходных пространств для обеспечения комфортности общественных зон. Подобные пространства играют важную роль в повышении качества жизни горожан, обеспечивая безопасность, удобство передвижения и возможность активного отдыха.

Ключевые слова: ландшафтная архитектура, современная городская среда, транзитное пространство, рекреация, пешеходная улица, бульвар, набережная.

Введение. Транзитные пространства представляют собой места, где люди перемещаются между начальной и конечной точками своего пути или ожидают такого перемещения. Это могут быть улицы, скверы, бульвары, пешеходные зоны, набережные. Их объединяет общая рекреационная направленность, декоративность, кратковременность пребывания на их территории людей, тесная связь с городской застройкой и городским транспортом, общедоступный характер [2].

Цель работы. Анализ примеров решения проблемы формирования различных уличных пространств посредством приемов ландшафтной архитектуры.

Основной материал. При создании транзитных пространств используются те же возможности ландшафтной архитектуры, что и в жилых и деловых районах. Это может быть зонирование, чтобы удовлетворить разные потребности горожан, создание образа места, а также формирование эстетического пространства.

Однако особенностью транзитных пространств является наличие разных групп пользователей на одной территории, таких как автомобилисты, велосипедисты, пассажиры городского транспорта и пешеходы. Здесь важно учесть возможность комфортного и быстрого транзита, а также медленного и спокойного перемещения людей. Для решения проблемы формирования удобных и

комфортных транзитных пространств важную роль играет ландшафтная архитектура. Она позволяет создавать гармоничное сочетание природы и городской среды, учитывая потребности и предпочтения жителей. Ландшафтные архитекторы могут использовать различные приемы и элементы для создания привлекательных пространств, такие как зеленые насаждения, цветочные клумбы, фонтаны, скамейки и другие элементы, способствующие комфорту и отдыху.

Важным аспектом формирования комфортных транзитных пространств является также учет потребностей различных групп населения. Например, создание барьеров для автомобилей и увеличение пешеходных зон способствуют безопасности и удобству передвижения пожилых людей и маломобильных групп населения. Также следует учитывать потребности инвалидов и людей с ограниченными возможностями, предоставляя им доступные и безбарьерные пути передвижения.

Еще одним важным аспектом является учет экологических факторов. Создание транзитных пространств должно осуществляться с учетом сохранения природных ресурсов, биоразнообразия и экологической устойчивости. Например, использование permeабельных покрытий для дорожек и тротуаров позволяет сохранить естественный дренаж, а создание зеленых насаждений способствует улучшению качества воздуха и формированию микроклимата.

В разных странах существует множество успешных примеров дизайна таких пространств. Например, в Копенгагене (Дания) созданы велодорожки (рис. 1), которые протягиваются по всему городу и обеспечивают безопасное и удобное передвижение на велосипедах. В Амстердаме (Нидерланды) сеть пешеходных улиц и площадей спланирована таким образом, чтобы обеспечить комфортную атмосферу для прогулок и отдыха горожан (рис. 2).

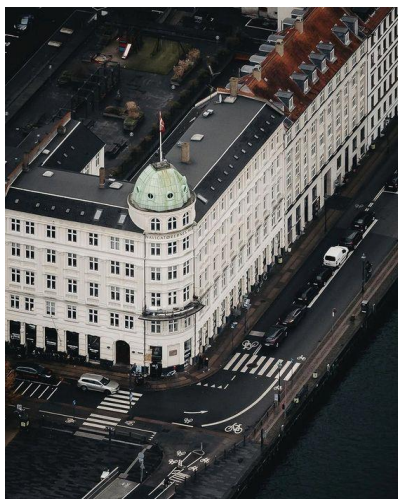


Рис. 1. Копенгаген



Рис. 2. Амстердам

Одна из главных улиц Барселоны Рамбла (рис. 3) – место, где главным является пешеход, а не автомобиль. Рамбла – пешеходная торговая улица, пересекающая центр Барселоны, связывающая площадь Каталонии и Портал де ла Пау. Ее протяженность составляет порядка 1200 метров, и это очень хороший пример эффективного зонирования с помощью природных элементов. Проезжие части, расположенные по обеим сторонам центральной пешеходной дороги, отделены тремя ярусами озеленения – кустарниками и деревьями разной высоты. Уличное пространство максимально функционально. Здесь размещаются и детские площадки, и автостоянки, и места для отдыха рядом с фонтанами. На всем протяжении бульвара предусмотрены беговая дистанция, велодорожки, скамейки [1].

Следующий пример формирования комфортного транзитного пространства – это реконструкция центральной улицы Портленда (США) Portland Mall (рис. 4). Улица тянется на 4,5 километра и связывает шесть районов города, в которых находятся важные инфраструктурные объекты. Одной из главных задач архитектурной фирмы «ZGF Architects LLP», разработавшей проект, было учесть и разграничить различные зоны транзита так, чтобы каждый участник уличного движения смог заниматься своими делами в комфортных условиях. Разные виды деятельности сосуществуют на Portland Mall в одном пространстве, не мешая друг другу. На ней есть полосы движения для пешеходов, велосипедистов, автомобилей, трамваев и автобусов.



Рис. 3. Улица Рамбла. Барселона



Рис. 4. Portland Mall. США

Пешеходные набережные — важная часть города. «Обращение к ландшафтному дизайну составляет жизненно важный для человека подход к преобразованию береговых территорий, обеспечивая превращение их в полноценное городское пространство» [2]. Примером может служить благоустройство набережных озер Кабан в Казани (1-я и 2-я очередь) (рис. 5).

Первой частью пешеходного маршрута с возможностью выхода к воде стал участок

набережной от театра имени Г. Камала до «Планеты Фитнес». Здесь появились пешеходные дорожки прямо над поверхностью воды, а также верхние променады вдоль берега и велодорожка.

На всей территории набережной изменилась система освещения, появились подсветка и малые архитектурные формы, прогрессирует ландшафт. На набережной высажено более 12 тысяч растений.



Рис. 5. Набережная озер Кабан. Казань (1-я очередь)



Рис. 6. Набережная озер Кабан. Казань (2-я очередь)

В июне 2020 года завершились работы на территории от памятника Шигабутдину Марджани до улицы Татарстан, со стороны Старо-Татарской слободы (рис.6). Здесь появились велодорожка, помещения кафе и круглогодичного общественного туалета, пирс и павильон для проката лодок и катамаранов, домик для лебедей и, конечно, новые цветы и деревья, а также скамейки, урны и элементы навигации. В целом вторая очередь предусматривает благоустройство участка длиной 1,5 км, строительство деревянных дорожек по воде и запуск тренировочной базы гребных видов спорта [3].

Выводы. В заключение, формирование удобных и комфортных транзитных транспортных и пешеходных пространств является важной задачей современного городского планирования.

Роль ландшафтной архитектуры при создании транзитных транспортных и пешеходных зон в городе заключается в нескольких аспектах. Во-первых, она помогает разделить пешеходов и различные виды транспорта (велосипеды, автомобили, общественный транспорт) с помощью растительности и малых архитектурных форм. Это позволяет улучшить безопасность и комфорт движения всех участников городского пространства.

Во-вторых, ландшафтная архитектура способствует созданию разнообразных пространств, предоставляя места для различных видов деятельности. Это может быть быстрый и удобный транзит для транспорта, а также возможности для отдыха, посещения кафе, магазинов и других объектов. Таким образом, она способствует формированию живых и привлекательных мест, где люди могут проводить свое время.

В-третьих, ландшафтная архитектура играет важную роль в создании привлекательной атмосферы и образа места. Использование характерных природных и искусственных материалов, а также сочетание различных форм и текстур помогают создать уникальный и запоминающийся облик городской среды. Это способствует привлечению жителей и туристов, а также формированию позитивного образа города.

Литература

1. «Проходная» городов – [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://dzen.ru/a/XJ0ujHgltACvFJdc>.
2. Нефедов, В.А. Городской ландшафтный дизайн / В.А. Нефедов. – СПб., 2012.
3. Архитектурные неизлишества. Благоустройство набережных озер Кабан в Казани. 1-я и 2-я очереди - [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://dzen.ru/a/XJ0ujHgltACvFJdc>.

Nazarova A.M., Mezheritsky S.I., Lukyanova T.I. FORMATION OF TRANSIT SPACES THROUGH LANDSCAPE ARCHITECTURE

The article highlights the issue of organizing convenient and high-quality transit transport and pedestrian spaces to ensure the comfort of public areas. Such spaces play an important role in improving the quality of life of citizens, providing safety, ease of movement and the opportunity for active recreation.

Key words: landscape architecture, modern urban environment, transit space, recreation, pedestrian street, boulevard, embankment.

Назарова Анна Михайловна, старший преподаватель кафедры промышленного, гражданского строительства и архитектуры института строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.
E-mail: ivasishina.anya@mail.ru.

Межерицкий Сергей Иванович, старший преподаватель кафедры промышленного, гражданского строительства и архитектуры института строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.
E-mail: mezheritsky_s@mail.ru.

Лукьянова Татьяна Игоревна, старший преподаватель кафедры дизайна среды, Луганская государственная академия культуры и искусств имени М. Матусовского, г. Луганск.
E-mail: lukyanova_t@mail.ru.

Nazarova Anna Mikhailovna, senior lecturer at the Department of Industrial, Civil Engineering and Architecture of the Institute of Construction, Architecture and Housing and Communal Services of the Luhansk State University named after Vladimir Dahl, Lugansk.

Mezheritsky Sergey Ivanovich, senior lecturer at the Department of Industrial, Civil Engineering and Architecture of the Institute of Construction, Architecture and Housing and Communal Services of the Luhansk State University named after Vladimir Dahl, Lugansk.

Lukyanova Tatyana Igorevna, senior lecturer of the Department of Environmental Design, Luhansk State Academy of Culture and Arts named after M. Matusovsky, Lugansk.

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

Статья подана 01.12.2023

УДК 681.585.58+681.7.069.3

ФОТОМЕТРИЯ МОНОХРОМАТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ КВАНТОВОГО ВЫХОДА ФОТОЭЛЕКТРОНОВ

Пилавов М. В., Черникова И. Д., Черников Н. Г.

PHOTOMETRY OF MONOCHROMATIC RADIATION FOR MEASURING THE QUANTUM YIELD OF PHOTOELECTRONS

Pilavov M. V., Chernikova I. D., Chernikov N. G.

В последнее время достигнут значительный прогресс в разработке интенсивных источников излучения и новых оптических элементов для вакуумной ультрафиолетовой части спектра (ВУФ). Этот прогресс послужил основой для развития многих перспективных практических приложений: рентгенолиитографии, рентгеновской голографии, микроскопии и т.д. Для развития этих направлений, в частности для оптимизации параметров источников и выбора оптических элементов, необходимы качественные количественные (абсолютные) измерения характеристик излучения. Однако проведение таких измерений в ВУФ диапазоне спектра является достаточно сложной задачей. Дело в том, что в этом диапазоне спектра все вещества обладают большим и сильно изменяющимся, в зависимости от длины волны, поглощением. Поэтому проведение таких измерений в ВУФ диапазоне спектра является достаточно сложной задачей. Таким образом, все детекторы излучения требуют независимой калибровки по эталонному источнику во всем диапазоне длин волн, так как их чувствительность зависит от свойств и чистоты поверхности, которая поглощает. В статье показана методика фотометрии монохроматического излучения в ультрафиолетовой области спектра, используя два прибора: калиброванный термостолбик и фотоэлектронный умножитель, окно которого покрыто тонким слоем салицилово-кислого натрия.

Ключевые слова: фотоэлектронный умножитель, термостолбик, количество фотонов, люминесценция.

Введение. Все детекторы излучения требуют независимой калибровки по эталонному источнику во всем диапазоне длин волн, так как их чувствительность зависит от свойств и чистоты поглощающей поверхности этого излучения.

Специфика оптических и фотоэлектрических измерений налагает определенные требования к источникам света.

Во-первых, они должны обладать одинаковой яркостью по всей площади поверхности излучения светового потока.

Во-вторых, поток лучевой энергии должен быть стабильным во времени и обладать столь малыми флуктуациями, чтобы в рамках ошибок

эксперимента они не влияли на результаты самого эксперимента.

В-третьих, интенсивность потока света, протекающего через площадь поверхности входной щели монохроматора, должна быть величиной постоянной. Кроме этого, необходимо знать интенсивность полного спектра монохроматического излучения источника света.

Целью работы является определение интенсивности монохроматического излучения для измерения спектрального распределения квантового выхода фотоэмиссии с поверхности твердых тел.

Анализ последних исследований и публикаций. Основным недостатком как оптической, так и фотоэлектронной спектроскопии является источник света, в котором поток лучевой энергии, как всегда, проявляет нестабильность при проведении экспериментов. В работе [1] приведены описания и конструкция высоковольтной водородной лампы, как источника ультрафиолетового излучения в диапазоне энергии до 11 эВ, используемой в фотоэлектронной и оптической спектроскопиях. Показано высокое качество и надежность этой водородной лампы как источника светового излучения при использовании ее в фотоэлектронной спектроскопии.

Измерение общего количества радиации, попавшей на исследуемую систему (фотоэмиттер), называется актинометрией. При изучении фотоэмиссии необходимо знать полное количество попавшей на фотоэмиттер монохроматической световой энергии. Одним из типов актинометрии является термостолбик, представляющий собой группу термопар, у которых определенные концы прижаты к черной поверхности (поверхность покрыта платиновой чернью). Термостолбик – система термопар, соединенных последовательно и служащих для усиления термоэлектрического эффекта. При измерении монохроматического излучения термостолбик помещают за выходной щелью монохроматора и определяют интенсивность монохроматического излучения, выходящего из монохроматора.

Изложение основного материала исследования. Для изучения фотоэмиссии с поверхности твердого тела необходимо экспериментально исследовать два вида характеристик: 1) спектральное распределение квантового выхода фотоэмиссии $Y(h\nu)$; 2) энергетическое распределение фотоэлектронов $N(E)$, приведенное к величине квантового выхода.

Поскольку квантовый выход фотоэмиссии при данной энергии фотона

$$h\nu = hc/\lambda, \quad (1)$$

где h – постоянная Планка; c – скорость света; ν – частота световой волны; λ – длина волны) определяется отношением полного числа фотоэлектронов N_s к полному числу возбуждающих их фотонов N_ϕ с этой же энергией $h\nu$:

$$Y(h\nu) = N_s / N_\phi, \quad (2)$$

то для изучения спектрального распределения квантового выхода необходимо измерять полный фототок I_s из эмиттера:

$$I_s = N_s \cdot e, \quad (3)$$

где e – заряд электрона; N_s – число эмитированных электронов из исследуемого образца.

Интенсивность излучения, падающего на катод из монохроматора, то есть число падающих фотонов N_ϕ , вытекающее из формулы (2), необходимо знать для определения спектральных характеристик квантового выхода из фотоэмиттера. Интенсивность монохроматического излучения определялась с помощью термoelementa с заданной чувствительностью.

Измерение интенсивности монохроматического света термостолбиком возможно производить в видимой области спектра, где достаточно интенсивное излучение. Применение термостолбика в ультрафиолетовой области монохроматического спектра было затруднено из-за наличия малых интенсивностей отдельных спектральных линий.

В настоящее время для измерения интенсивности ультрафиолетового света пользуются высокочувствительными приемниками излучения, переводя ультрафиолетовое излучение в видимое с помощью различных люминесцирующих веществ, люминесценция из которых подчиняется закону С.И. Вавилова, например, салицилово-кислый натрий $\text{NaC}_7\text{H}_5\text{O}_3$. Салицилово-кислый натрий – это белый кристаллический порошок неприятного сладковатого вкуса, без запаха. Растворим в воде, спирте, глицерине.

Главное преимущество этого метода состоит в том, что он не требует источника света с известным распределением энергии по спектру, как эталона для градуировки в ультрафиолетовой области спектра. В таких веществах, как салицилово-кислый натрий

$\text{NaC}_7\text{H}_5\text{O}_3$, люминесценция из которого при облучении его ультрафиолетовым светом подчиняется закону С.И. Вавилова, световой выход люминесценции $Y_{\phi\lambda}$ пропорционален длине волны возбуждающего ультрафиолетового излучения:

$$Y_{\phi\lambda} = I / I_0 = a \cdot \lambda, \quad (4)$$

где a – const; I – интенсивность люминесценции при поглощении энергии падающего ультрафиолетового потока света I_0 .

Так как энергия падающего монохроматического ультрафиолетового потока света I_0 равна произведению энергии кванта света $h\nu$ на число квантов N_ϕ , т.е.

$$I = a \cdot \lambda \cdot I_0 = a \cdot \lambda \cdot N_\phi \cdot h\nu = a \cdot c \cdot h \cdot N_\phi, \quad (5)$$

где c – скорость света.

Отсюда видно, что измеряя интенсивность люминесценции, можно получить число фотонов N_ϕ ультрафиолетового излучения, возбуждающих эту люминесценцию.

Интенсивность люминесценции трудно или, как в нашем случае, невозможно измерить с помощью термостолбика, учитывая, что эта интенсивность очень мала. Однако спектры люминесценции многих люминофоров, в том числе и салициловокислого натрия, не зависят от энергии фотонов возбуждающего ультрафиолетового света. Это дает возможность для измерения относительной интенсивности люминесценции использовать подходящий фотоумножитель или фотоэлемент. Требованиями к последним будут высокая чувствительность в области спектра излучения люминофора и линейная зависимость величины фототока фотоумножителя (фотоэлемента) от числа фотонов, падающих на фотокатод. Таким образом, с помощью люминофора и фотоумножителя можно измерять относительную интенсивность люминесценции и, следовательно, относительное число квантов возбуждающего ультрафиолетового излучения.

Абсолютное значение интенсивности монохроматического ультрафиолетового излучения можно определить по сравнению тока фотоумножителя, используемого для измерения относительной интенсивности с использованием люминофора, с ЭДС градуированного термостолбика для какого-либо участка спектра монохроматора, удобного для измерений интенсивности излучения обоими приборами.

В исследовании в качестве люминофора использовался салицилово-кислый натрий, исследовавшийся ранее [2]. В данной работе показано, что квантовый выход $\text{NaC}_7\text{H}_5\text{O}_3$ в широком интервале длин волн от $3400\text{\AA}$ до $500\text{\AA}$ неизменный. Салицилово-кислый натрий $\text{NaC}_7\text{H}_5\text{O}_3$ растворялся в спирте и раствор наносился на окно фотоумножителя. Толщина слоя люминофора

составляла примерно 30 нм [2], что является оптимальной толщиной.

Для измерения малых световых потоков используют фотоумножитель (ФЭУ). Как фотоэлементы, так и фотоумножители являются основными приемниками излучения при работе с монохроматорами. Излучение, выделяемое из выходной щели монохроматора, направляется на входное окно фотоумножителя, покрытое в нашем случае слоем люминофора.

Спектр люминесценции салициловокислого натрия имеет максимальную интенсивность в области длины волны 4500 Å⁰. Поэтому в качестве приемника люминесцентного излучения использовался фотоумножитель ФЭУ-19М, у которого фотокатод имеет квантовый выход эмиссии в области длин волн 4200 Å⁰. Таким образом, предполагая, что ультрафиолетовый свет полностью поглощается слоем люминофора (причем преобразованный свет поглощается незначительно), можно считать, что ток ФЭУ-19М пропорционален числу падающих квантов ультрафиолетового излучения.

Как следует из литературных источников [3], для проведения абсолютных измерений в ВУФ области спектра (10 – 100 нм) был использован аналогичный простой люминесцентный детектор, абсолютная калибровка которого производилась, в отличие от нашего случая, УФ эксимерным лазером. Детектор был ФЭУ, перед которым размещался экран-пластина со слоем люминофора, наблюдения проводились в проходящем свете. В качестве люминофора использовали салицилово-кислый натрий NaC₇H₅O₃.

Монохроматическое излучение из монохроматора, пройдя через линзу, попадало на окно ФЭУ-19М с нанесенным на него люминофором толщиной 30 нм. Показания ФЭУ-19М давали относительное число квантов ультрафиолетовых спектральных линий. Для того чтобы получить абсолютное число квантов света, показание ФЭУ-19М при $\lambda = 2650 \text{ Å}^0$ сравнивалось с ЭДС термостолбика при той же длине волны $\lambda = 2650 \text{ Å}^0$ (чувствительность термостолбика в этой области спектра достаточна для измерения интенсивности спектральной линии этой длины). По абсолютной интенсивности при $\lambda = 2650 \text{ Å}^0$ определяли число квантов для этой линии и отсюда – число квантов света для других линий. Числа фотонов N_ϕ для разных линий спектра водородной лампы [1], полученные таким образом, использовались нами при изучении спектрального распределения квантового выхода в работах [4, 5, 6].

Выводы. В статье показана методика определения интенсивности монохроматического излучения для измерения спектрального распределения квантового выхода фотоэмиссии с поверхности твердых тел в ультрафиолетовой области спектра, используя два прибора: калиброванный термостолбик и фотоэлектронный

умножитель, окно которого покрыто тонким слоем салицилово-кислого натрия.

Литература

1. Черніков М.Г., Чернікова О.М., Гордєєв В.В. Воднева лампа як джерело ультрафіолетового випромінювання в фотоспектроскопії. IV Міжнародна научно-практична конференція «PRIORITY DIRECTINS OF SCIENCE AND TECHNOLOGY DEVELOP MENT» 20 – 22 декабля 2020 года, Киев, Украина.
2. Ананьева Л.И., Шишловский А.А. Спектр люминесценции салицилово-кислого натрия ДАН, СССР, 17, 1937. С. 183-186.
3. Шевелько А.П. Абсолютные измерения в ВУФ области спектра с помощью люминесцентного детектора // Квантовая электроника, 23. 1996. №8. С.748-750.
4. Кулышев А.М., Черникова И.Д., Черников Н.Г. Влияние состояния поверхности полупроводников на работу фотодетекторов // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В.Даля. 2016. №2 (226). С. 112 - 123.
5. Черников Н.Г., Черникова И.Д. Исследование адсорбции германия на поверхность арсенида галлия фотоэмиссионным методом // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. 2017. № 6 (237). С. 133 - 138.
6. Черніков М.Г., Чернікова І.Д., Алієв В.Є. Дослідження адсорбції барію на поверхню арсеніду галію фотоемісійним методом // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. 2019. № 1 (249). С. 114-124.

Pilavov M.V., Chernikova I.D., Chernikov N.G. Photometry of monochromatic radiation for mesasuring the quantum yield of photoelectrons

Recently, significant progress has been made in the development of intense radiation sources and new optical elements for the vacuum ultraviolet spectrum (VUV). This progress served as the basis for the development of many promising practical applications: X-ray lithography, X-ray holography, microscopy, etc. To develop these areas, in particular, to optimize the parameters of sources and the choice of optical elements, qualitative quantitative (absolute) measurements of radiation characteristics are required. However, carrying out such measurements in the VUV spectral range is a rather difficult task. The fact is that in this range of the spectrum, all substances have a large and strongly varying absorption depending on the wavelength. Therefore, all radiation detectors require independent calibration against a reference source in the entire wavelength range, since their sensitivity depends on the properties and purity of the absorbing surface. When studying photoemission, it is necessary to know the total amount of monochromatic light energy received by the photoemitter. One of the types of actinometer is a thermo-column, which is a group of thermocouples with certain ends pressed against a black surface. When measuring monochromatic radiation, the thermal column is placed behind the exit slit of the monochromator and the intensity of the output radiation is measured. The luminescence intensity is difficult or, as in our case, cannot be measured with a thermal column, since this intensity is very low. However, the luminescence spectra of many phosphors, including salicylic acid sodium, do not depend on the photon energy of the exciting ultraviolet light.

This enables a suitable photomultiplier or photocell to measure the relative intensity of the luminescence. The requirement for the latter will be a high sensitivity in the emission region of the phosphor and a linear dependence of the photomultiplier photocurrent on the number of photons incident on the photocathode. Thus, with the help of a phosphor and a photomultiplier, it is possible to measure the relative intensity of the luminescence and, consequently, the relative number of quanta of exciting ultraviolet radiation. The absolute intensity of monochromatic ultraviolet radiation can be determined by comparing the current of the photomultiplier, which was used to measure the relative intensity using a phosphor, with the emf of a graduated thermal column for any part of the spectrum of the monochromator, convenient for measuring the radiation intensity with both devices. The presented work shows a technique for photometry of monochromatic radiation in the ultraviolet region of the spectrum using two devices: a calibrated thermal column and a photomultiplier tube, the window of which is covered with a thin layer of salicylic acid sodium.

Key words: photomultiplier tube, photocathode, photon, monochromatic radiation, quantum of light, thermal column.

Пилавов Манолис Васильевич, д.т.н., профессор кафедры вентиляции, теплого- и водоснабжения института строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

E-mail: kafedravgv@yandex.ua

Черникова Ирина Демьяновна, ст. преподаватель кафедры вентиляции, теплого- и водоснабжения института строительства, архитектуры и жилищно-

коммунального хозяйства ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

E-mail: chernikova_i_d@mail.ru

Черников Николай Григорьевич, к. физ.-мат.н., ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

E-mail: chernikov_n_g1941@mail.ru

Pilavov Manolis Vasilievich, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of ventilation, heat and gas and water supply, Institute of construction, architecture and housing and communal services of the «LSU named after V. Dahl».

E-mail: kafedravgv@yandex.ua

Chernikova Irina Demyanovna, senior lecturer, of the Department of ventilation, heat and gas and water supply, Institute of construction, architecture and housing and communal services of the «LSU named after V. Dahl».

E-mail: chernikova_i_d@mail.ru

Chernikov Nikolai Grigorievich, PhD in Physics and Mathematics «LSU named after V. Dahl».

E-mail: chernikov_n_g1941@mail.ru

Рецензент: Андрийчук Николай Данилович, доктор технических наук, профессор, директор института строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

Статья подана 07.11.2023

УДК 629.714

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНО-ДОРОЖНЫХ МАШИН

Ремень В. И., Квенцель А. Л.

INCREASING THE EFFICIENCY OF THE COOLING SYSTEM OF THE ROAD-BUILDING MACHINES

Remen V. I., Kventsel A. L.

Определены новые переходные процессы для систем охлаждения, позволяющие установить оптимальную температуру теплоносителей для любых режимов работы системы охлаждения строительно-дорожных машин. Выполненные расчеты для астатических систем регулирования температуры теплоносителей показали, что применение позиционеров с дополнительными обратными связями уменьшают динамическую ошибку регулирования. Показано, что использование разработанных клапанов-усилителей с дополнительными обратными связями в системах регулирования охлаждения строительно-дорожных машин с ПИ-регулятором позволит повысить надежность двигателя, уменьшить расход топлива и повысить его к.п.д.

Ключевые слова: Регулятор, дополнительные обратные связи, переходные процессы, система охлаждения.

Для оптимизации характеристик системы охлаждения строительно-дорожных машин необходимо провести исследования влияния обратных связей на величину переходного процесса системы в целом. Как было показано ранее [9-11], наличие в системе охлаждения новой конструкции клапана-усилителя, позволяющего подключать к системе до двух дополнительных отрицательных обратных связей, делает возможным и необходимым проведение таких исследований. С целью получения новых переходных процессов, были рассмотрены структурные схемы, показанные на рис. 1...4.

Рассмотрим переходную функцию системы с одной отрицательной обратной связью (рис. 2). Главным критерием для определения качества рассматриваемой системы – её передаточная функция. Все передаточные функции для этой системы и далее определены с помощью программы Simulink, входящей в состав пакета MATLAB 5.3 for Windows.

На рис. 5 показан переходной процесс для исходной схемы (без обратной связи), а на рис. 6 показан переходной процесс для системы с одной отрицательной обратной связью. Из этих рисунков можно видеть, что хотя величина

перерегулирования и увеличилась, но благодаря отсутствию колебаний время переходного процесса уменьшилась с 70 до 40 сек (если в качестве критерия брать относительную погрешность $\Delta=5\%$).

Рассмотрим переходные процессы для схемы с двумя отрицательными обратными связями (рис. 3). Коэффициент k_S , характеризующий это звено, может изменяться в достаточно больших пределах. Примем для рассмотрения значение коэффициента k_S равное 1, 3, 5. На рис. 7...9 показаны переходные процессы для системы с изменяющимися параметрами во второй отрицательной обратной связи. Можно видеть, что чем выше значение k_S , тем большего значения достигает значение перерегулирования и тем больше становится значение времени переходного процесса, поэтому для дальнейшего рассмотрения выбираем наиболее подходящее значение коэффициента: $k_S=1$.

С целью определения переходного процесса для системы с двумя отрицательными обратными связями, была рассмотрена система, представленная на рис. 4. Значения коэффициентов k_F и k_S , как ясно из предыдущих рассуждений, были приняты 1. При моделировании переходного процесса в системе Simulink, входящего в пакет MATLAB, был получен конечный переходной процесс, представленный на рис. 10. Этот переходной процесс, оптимизированный для системы регулирования температуры локомотива, производит взаимосвязь между количеством теплоты Q , переданной системе охлаждения, и температурой t , до которой возрастает значение температура теплоносителя. Как видно из окончательного переходного процесса (рис. 10), установление взаимосвязи между Q и t проходит без колебаний, и время переходного процесса составляет не более 150 сек, что является хорошим качественным показателем для рассматриваемой системы.

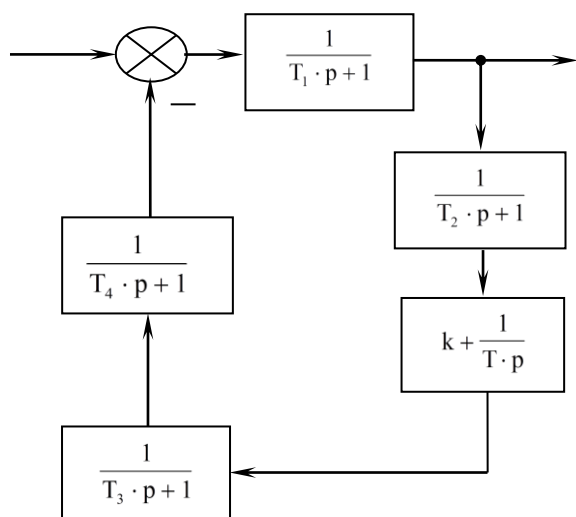


Рис. 1.

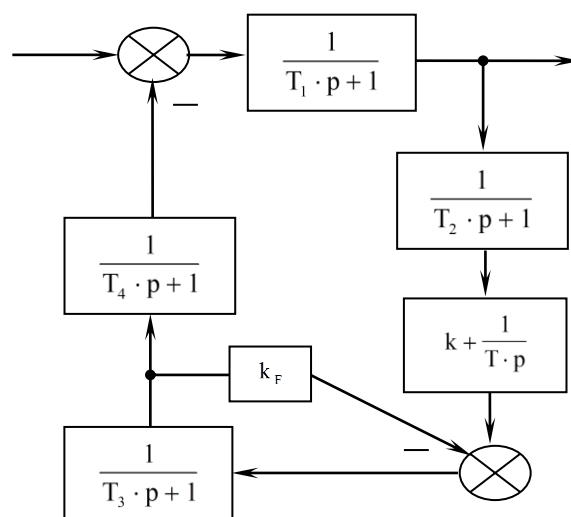


Рис. 2.

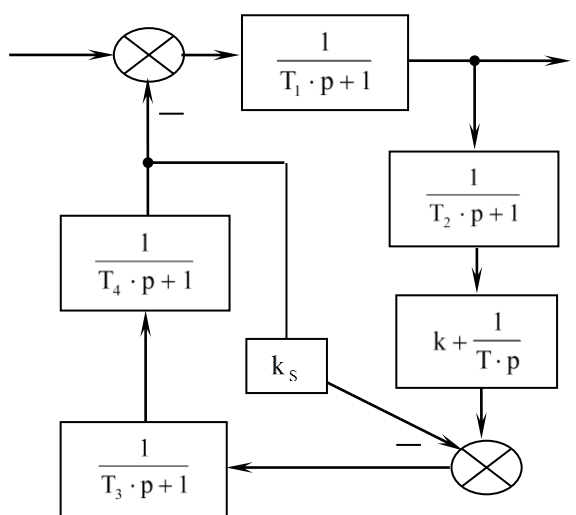


Рис. 3.

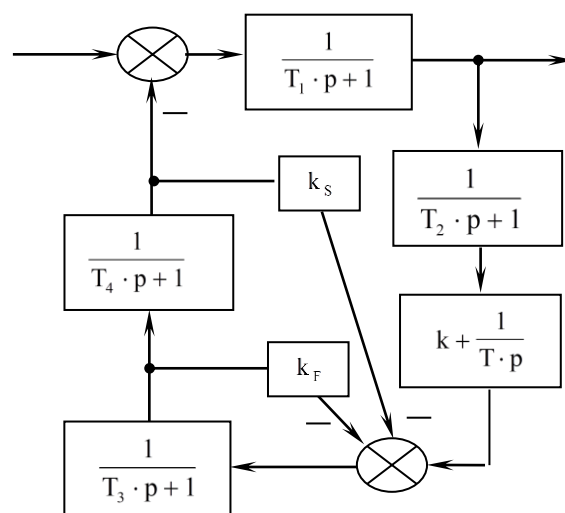


Рис. 4.

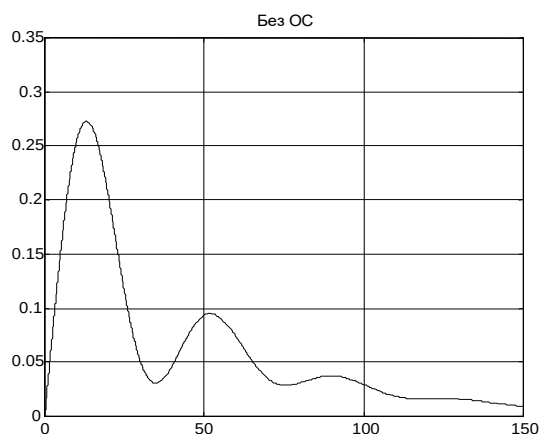


Рис. 5. Переходной процесс рассматриваемой структурной схемы (без обратных связей)

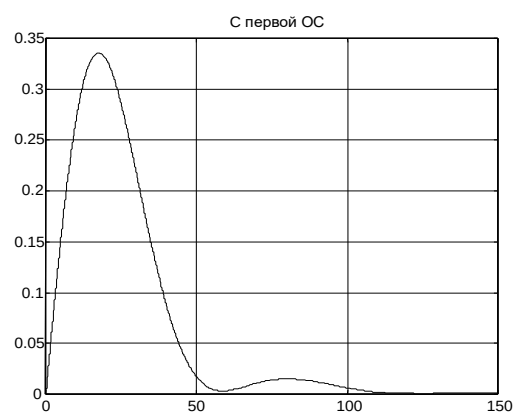


Рис. 6. Переходной процесс для системы с одной отрицательной обратной связью

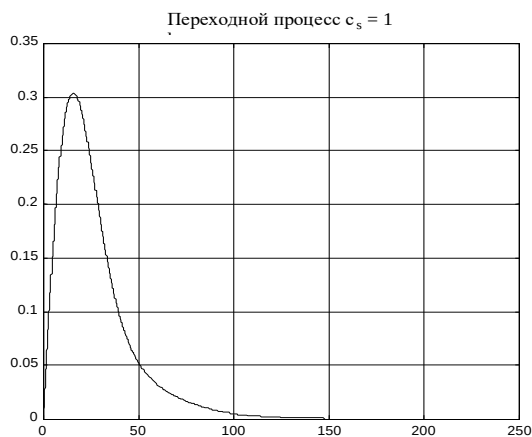


Рис. 7. Переходной процесс с $k_s = 1$ в обратной связи

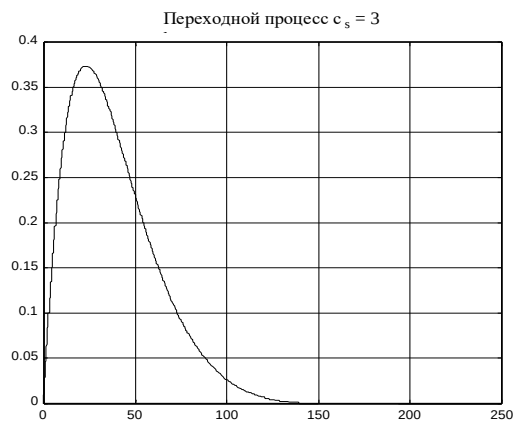


Рис. 8. Переходной процесс с $k_s = 3$ в обратной связи

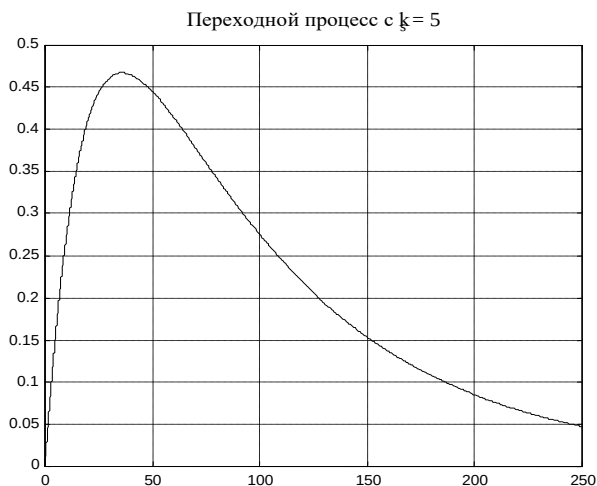


Рис. 9. Переходной процесс с $k_s = 5$ с второй отрицательной обратной связи

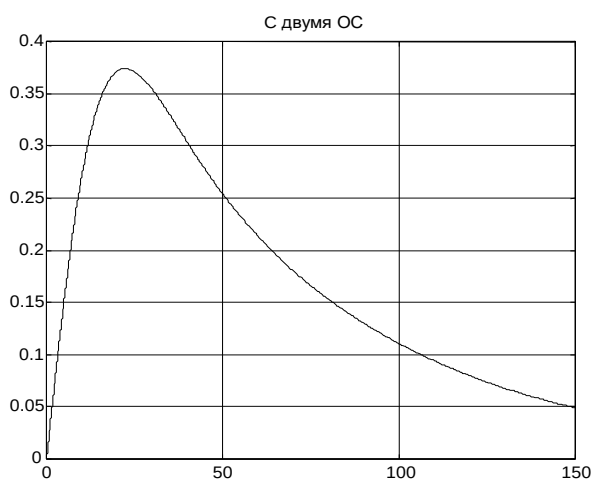


Рис. 10. Переходной процесс для системы с двумя отрицательными обратными связями.

Из анализа переходных процессов в системах охлаждения можно сделать вывод, что предложенные позиционеры, установленные в рассмотренных выше пневматических приводах регулирования углом поворота лопаток вентилятора, позволяют не только существенно упростить структурную схему системы охлаждения, но и улучшить статические и динамические показатели этих систем. В случае применения таких систем при каждой нагрузке дизеля локомотива температура теплоносителей будет оптимальной для этого режима и поддерживаться постоянной при постоянной мощности дизеля. Выполненные расчеты для астатических систем регулирования температуры теплоносителей показали, что применение позиционеров с дополнительными обратными связями уменьшают динамическую ошибку регулирования. На рис. 11 показаны переходные процессы в системе с П-регулятором (кривая 1), ПИ-регулятором в системе охлаждения строительно-дорожной машины (кривая 2) и предлагаемой системе охлаждения с позиционерами с дополнительными обратными связями.

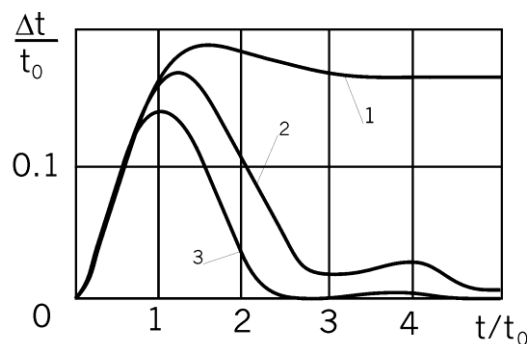


Рис. 11. Переходные процессы в системе охлаждения теплоносителей

Расчеты выполнены для дизеля 64 СП 18/22 для $\omega_b = 12,5 \text{ с}^{-1}$. Уменьшение расхода топлива за счет уменьшения динамической ошибки регулирования составляет до 1,2 г/л.с.ч. (рис. 12), что соответствует увеличению к.п.д. на 0,3%.

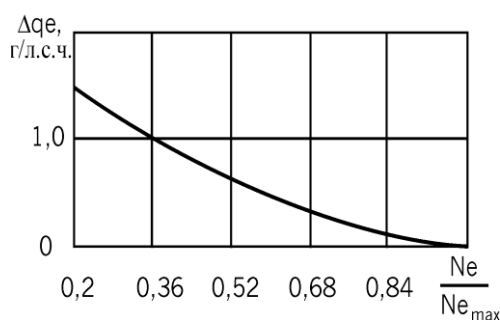


Рис. 12. Повышение экономичности дизеля за счет применения позиционеров с дополнительными обратными связями

Выводы. Анализ предложенных принципиальных схем систем охлаждения теплоносителей тепловозов с разработанными позиционерами показал, что динамические характеристики охлаждающих устройств оказывают существенное влияние на характер проходящих в них переходных процессов.

Предложенные решения позволяют решить задачу улучшения статических и динамических систем охлаждения.

1. Показано, что предложенные позиционеры, установленные в рассмотренных выше пневматических приводах регулирования углом поворота лопаток вентилятора системы охлаждения дизеля строительно-дорожной машины, позволяют не только существенно упростить структурную схему системы охлаждения, но и улучшить статические и динамические показатели этих систем.

2. Введение дополнительных обратных связей позволяет улучшить качество переходных процессов в системе охлаждения, расширить область устойчивости, уменьшить величину перерегулирования.

3. Определены величины настроек ПИ-регулятора для систем охлаждения, которые позволяют установить оптимальную температуру теплоносителей для любых режимов работы теплоэнергетической установки.

4. Выполненные расчеты для астатических систем регулирования температуры теплоносителей показали, что применение позиционеров с дополнительными обратными связями уменьшают динамическую ошибку регулирования.

5. Показано, что использование разработанных позиционеров с дополнительными обратными связями в системах приводов установки угла поворота вентилятора охлаждающего воздуха совместно с ПИ-регулятором позволит повысить надежность дизеля строительно-дорожных машин, уменьшить расход топлива и повысить его к.п.д.

Литература

1. Morgan Jones. Duilding Valve Amplifiers/ Morgan Jones/ Ntwnes. – 2004.–363 p.

2. Osenin Y., Remen V. Accuracy increase of positioning of pneumatic drives for mechanical systems/ Osenin Y., Remen V. // TEKA Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture – 2010. – № V XB. – P. 95-99.

3. Osenin Y., Remen V., Epifanova O. Mathematical model of valve - amplifiers for pneumatic drives of mechanical systems./ Osenin Y., Remen V., Epifanova O.// TEKA Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture – 2010. – № V XC. – P. 255-260.

4. Remen V., Vylich O., Lordkipanidze V. Static characteristics of valve-amplifiers for pneumatic drives of mechanical systems/ Remen V., Vylich O., Lordkipanidze V. // TEKA Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture – 2011. – № V XC. – P. 255-260.

5. Ремень В.И. Пневматические клапаны-усилители приводов строительных машин. Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – №2(2). 2016. – С. 111-118.

6. Ремень В.И. Пневматические устройства регулирования температуры теплоносителей систем охлаждения. Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – №2(2). 2016 – С. 118-121.

7. Ремень В.И., Квенцель А.Л. Экспериментальные исследования динамических характеристик пневматических клапанов – усилителей при-водов строительно-дорожных машин. ч.1. Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – №3(5). 2017 – С. 10-15.

8. Ремень В.И., Квенцель А.Л. Экспериментальные исследования динамических характеристик пневматических клапанов – усилителей при-водов строительно-дорожных машин. ч.2. Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – №3(5). 2017 – С. 68-72.

9. Ремень В.И., Квенцель А.Л. Передаточные функции систем охлаждения строительных машин на базе пропорциональных позиционеров. ч.1. Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – №18(4). 2018 – С. 97-105.

10. Ремень В.И., Квенцель А.Л. Определение границ области устойчивости системы регулирования охлаждением строительно-дорожных машин. Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – №10(28). 2019 – С. 162-168.

11. Ремень В.И., Квенцель А.Л. Исследование и оптимизация характеристик системы регулирования охлаждения строительно-дорожных машин. Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – №12(42).2020 – С. 87-92.

Remen V., Kventsels A.

INCREASING THE EFFICIENCY OF THE COOLING SYSTEM OF THE ROAD-BUILDING MACHINES

New transient processes for cooling systems have been identified that make it possible to establish the optimal coolant temperature for any operating modes of the cooling system of road-building machines. Calculations for astatic coolant temperature control systems have shown that the use of valve-amplifiers with additional feedback reduces the dynamic control error. It is shown that the use of the developed valve-amplifiers with additional feedback in the cooling control systems of road-building machines with a PI regulator will improve engine reliability, reduce fuel consumption and increase its efficiency.

Key words: *Regulator, additional feedback, transient processes, cooling system.*

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

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

Remen Valentin Ivanovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of "Ventilation, Heat, Gas and Water Supply" "Institute of

Construction, Architecture and Housing and Communal Services" «LSU named after V. Dahl».

Kventsel Anatoliy Leonidovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the "General Education Disciplines", "Institute of Construction, Architecture and Housing and Communal Services" «LSU named after V. Dahl».

Рецензент: Андрейчук Николай Данилович, доктор технических наук, профессор, директор Института строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля»

Статья подана 07.11.2023

УДК 72.032

ОСЕВОЕ ВРЕМЯ И АНТИЧНОЕ ЗОДЧЕСТВО: НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ**Скорченко Ю. А.****AXIAL TIME AND ANCIENT ARCHITECTURE: SOME ASPECTS****Skorchenko Yu. A.**

Статья посвящена анализу времени - форме бытия материи, в том числе осевого времени К. Ясперса. Рассмотрены некоторые особенности и конфигурации древнего хозяйства. Уделено внимание освещению отдельных аспектов античной архитектуры, других проявлений жизнедеятельности осевого социума.

Ключевые слова: пространство-время, античная архитектура, материя, цивилизация, хозяйство.

Время – форма бытия материи, выражающая длительность существования овеществленных систем, последовательность смены состояний, изменения этих концепций в процессе развития. Специфическим свойством времени является его бесповоротность, которая проявляется в невозможности регрессии в былые эпохи. Время движется от прошлого через настоящее к будущему, и обратное течение его невозможно. Его главная загадка в монологичности течения. Безвозвратность времени связана с необратимостью протекания фундаментальных материальных процессов. Время – смысл нашего бытия.

Формирование современных цивилизаций связывают с так называемым «осевым временем» (нем. Achsenzeit) – термин, введенный в научный оборот (1949) немецким философом К. Ясперсом (1883–1969). Оно обозначает эпоху в истории человечества, во время которой на смену мифологическому мировоззрению пришло рациональное, философское, сформировавшее тот тип индивида, который существует поныне. Этот период (античность), по мнению Ясперса, приходится где-то на промежуток между 800 и 200 гг. до н. э. Именно в это время, утверждал ученый, происходит немало необычного: зарождается философия, возникают новые религии и их пророки, а человек осознает свое бытие и самого себя [7].

Основой хозяйства в период античности существовала индивидуальная собственность на базовые средства производства – прежде всего землю. Общественное и индивидуальное достояние четко обособлены и обеспечены соответствующими законодательными актами. Иными словами, власть была отделена от собственности.

В то же время производственные связи в условиях господства натурального хозяйства существовали в достаточно узких рамках. Экономическая жизнь преимущественно сосредотачивалась в отдельных семьях, в их домашнем («ойкосном» – от древнегреческого «ойкос» – дом) хозяйстве. Во главе такой патриархальной семьи находился родоначальник или домовладелец, который в экономическом отношении выступал как управляющий и землевладелец. Само право на землевладение определяло его участие в государственном управлении.

Такая патриархальная семья была самодостаточной и не нуждалась в экономических связях с другими, подобными ей, ведь обеспечивала собственные потребности за счет натурального хозяйства. Лишь некие блага, к примеру, предметы роскоши, приобретались методом обмена на свою продукцию. В полисах, кроме полноправных горожан, существовали и другие категории населения, в частности метеки (иностранцы), которые прав на землю не имели и вынуждены были заниматься ремеслом и торговлей – занятиями, которые греки считали недостойными гражданина.

Членение работ в патриархальной семье еще не определяло общественное разделение труда, хотя и порождало появление новых форм экономической деятельности как составляющих ойкосного хозяйства. Владелец домохозяйства направлял труд как рабов, так и другой челяди, а продукция потреблялась непосредственно в данной обособленной ячейке социума.

По сути, осевое время рассматривается как переходный период цивилизационного процесса. Эти сдвиги сопровождались определенными, достаточно глобальными изменениями в хозяйственной и технико-технологической сферах. Они чаще всего связываются с переходом к так называемому железному веку, распространением более совершенных орудий труда и модернизацией производственных процессов. Претерпевает изменения и определенные трансформации социальной структуры общества, в которой наряду с традиционной государственной властью –

собственностью и системой распределения – возникают отношения собственности индивидуальной. В социально-экономическом плане осевое время связано с появлением негосударственных собственных структур, а в общественном – с определением самооценки человека. Как утверждал К. Ясперс, завершение осевого времени тесно связано с созданием мировых империй и мировых религий.

Осевое время означало разрушение крупных древних культур, приводило их к гибели. Таким образом, осевое время – это период трансформации всей жизнедеятельности человечества в рамках важнейших цивилизаций. Он характеризовался принципиальными изменениями в социально-экономической, политической, этнической и технико-технологической сферах.

В онтологии «Бытие и время» (1927) немецкого философа-экзистенциалиста М. Хайдеггера (1889–1976) время вводится в самую материю бытия. Вследствие этого актуально звучит фраза известного зодчего Н. А. Ладовского: «Время, а не камень – материал архитектуры» [6]. Преимущество времени в сравнении с пространством в его неисчерпаемости. Историческая и социальная память ничем не ограничены.

Архитектурное время – исторический процесс, а также катагенез восприятия зодческой среды с определенной скоростью – пешеходом, кавалеристом и т. д. Понятия пространства и времени соотносятся друг другу в воззрении ритма. К примеру, часто говорят о ритме здания, имея в виду узоры в расположении окон, колонн и других элементов. В пространстве воспроизводится координация различных объектов в один и тот же момент времени. Во времени отражается противопоставление сменяющих друг друга объектов в одном и том же локусе. Пространство и время обусловлены материей как форма содержанием, и потому каждый уровень движения материи обладает пространственно-временной структурой – «хронотопом». Данный термин возможно понимать как слитность пространства-времени, позволяющую постичь смысл формирования архитектуры.

Зодчество – эйдетический вид искусства (Э. Гуссерль, Ж. Деррида, А. Ф. Лосев), поэтому вполне правомерно обращение к проблеме влияния архитектурного пространства-времени на восприятие его различными социальными субъектами. Данные проблемы в теории архитектуры отражены в произведениях И. Араухо [1], Р. Арнхейма [2], К. Линча [3], Д. О. Саймондса [4] и др. Выявление социального аспекта архитектурного пространства-времени и его ориентированность на потребителя является достоинством данного подхода.

Одним из первых использовал понятие «архитектурное пространство» в своих теоретических разработках Ле Корбюзье [5],

применяя в инструментальном плане для решения задач проектирования.

Исследователи теории зодчества (А. Боков, А. Большаков, В. Глазычев, З. Гидион, Ч. Дженкс, А. Иконников, Ф. Л. Райт, М. Шубенков и др.) употребляли термин «архитектурное пространство-время» как вспомогательный инструмент для объяснения существующих явлений и фактов. Достаточно плодотворны в разработке данного понятия социологи архитектуры.

Именно архитектура выражает собой сложно структурированное время, где настоящее всегда динамично сочетает в себе прошлое и будущее. Благодаря архитектуре жители города могут существовать в разных слоях времени собственной истории, при этом обнаруживая себя как во вполне традиционном пространстве коммуникаций, так и в нетрадиционном локусе цивилизации. Простор коммуникаций в городской культуре зодчества делает возможным взаимодействие и взаимопроникновение разных времен истории цивилизации в ее архитектурном эспасе. Очевидно, что эти пространственно-временные формы имеют характер не только сохранения и изменения, но и неизбежного расширения и усложнения в лоне культуры города как такового.

В формировании античного жилого здания стремление к комфортности и художественной выразительности получило колоритное отражение. К примеру, древнегреческий дом отличался рациональностью и простотой композиции, сомасштабностью по отношению к человеку, лаконичностью форм и пространств, сдержанностью декоративной отделки интерьерных и экстерьерных поверхностей. Особенностью организации пространства жилища является его разделение на две части: женскую и мужскую.

Простота интерьера сочеталась с лаконичным декором и росписью стен, начиная от цокольной части здания. Связь интерьерного пространства с экстерьерным осуществлялась посредством внутреннего дворика, который соединял все помещения дома. Наружные стены такого строения проектировались глухими. Вход в дом был организован с улицы через внутренний двор, имевший крытые галереи-проходы, отделанные колоннадой. При его формировании использовалось наиболее дорогое декоративное убранство: мозаичные плиты, зелень, цветочные композиции и скульптуры. В центре двора находился плоский бассейн. При создании сада рядом с домом природный ландшафт местности практически не претерпевал изменения. Богатые греки возводили в садах купальни и пруды, организовывали навесы, выращивали экзоты – растения, нехарактерные для данной страны, не встречающиеся там, в дикой природе, интродуцированные из других мест.

Создание римского жилого дома происходило в соответствии со строго осевой композицией. Сооружение было замкнутым прямоугольным в

плане зданием. На одной из его торцевых стен был организован входной портал, по обе стороны которого симметрично располагались встроенные мастерские и лавки (таверны). Широкий вестибюль вел в большой крытый двор (атрий), вокруг которого размещались жилые и хозяйственные помещения. К противоположной стороне дома примыкал зал для деловых занятий главы семьи.

Часто во дворе строили бани и хозяйственные помещения. Комнаты женщин так же, как в греческом жилище, пространственно группировались. В целом в римском доме помещения группировали в линейно-осевую пространственную композицию. Соединялись главные комнаты по принципу анфилады, что придавало интерьеру глубину и объемность. Этому способствовало наличие в интерьере разномастных колоннад. Роскошь отделки интерьера была свойственна, как правило, помещениям домуса (частный дом) и виллы (деревенский дом).

Домусы – жилые здания римской знати с наличием приусадебных участков, которые также включали в свою структуру таверны. Таким образом, часть помещений владелец имел возможность сдавать в аренду.

Вилла – тип пригородного дома с садом. Римские виллы делились на два типа: сельские или хозяйственные (вилла рустика) и виллы городские или развлекательные (вилла урбана).

Наиболее распространенными были виллы рустики. Это загородные дома, которые имели значительную площадь прилегающей территории (100-150 га). Комплекс виллы включал в свою структуру жилые и хозяйственные постройки. Центр деревенского имения обычно состоял из двух частей: господской, где жил хозяин и его семья и хозяйственной (помещение для рабов, конюшни, амбары и др.). Все постройки группировались вокруг открытого, позже замкнутого двора. По мере роста римского имперского могущества такая вилла стала представлять собой аналог загородного дома для отдыха и отличалась сезонностью эксплуатации.

Постепенно сельскохозяйственные угодья на приусадебной территории уступили место паркам.

Наряду с загородными виллами существовали виллы урбаны. Они размещались в черте города для рекреационных целей. Здесь жилые помещения были отделены от хозяйственных построек. Нередко их декорировали мозаиками и росписью. Наряду с ранними типами строили большие виллы (особенно в эпоху империи), которые окружались специально сформированным садом в виде террас. Наиболее типичными были малые сады перистилей, возникновение которых тесно связано с урбанизацией античного общества, обусловленное тяготением к пребыванию в живописной природной среде.

Выводы. Саспенс общечеловеческого бытия состоит в пароксизме чувств неопределенности,

неизвестности, неожиданности. Поэтому смысл экзистенции индивидов заключен в участии в процессах жизнедеятельности.

Осевому времени присущ ярко выраженный трансформационный характер. Это был переход от традиций патриархально-родовой жизни к бытию в только еще складывавшихся новых условиях. Блестящая эпоха античности завершала свое существование.

Активное формирование основ государственности, интенсивное образование классов, имущественное расслоение некогда монолитных родовых общин на богатых и бедных, рост городов, развитие ремесел, увеличивающееся разнообразие социальных отношений, усложнение образа жизни и характера общения – все это расширяло привычные рамки экзистенции и открывало новое социокультурное пространство индивидуальной самореализации.

Наиболее точным суждением при определении тех условий, в которых существовал осевой социум, является понятие аномии. Находясь в исторически переходном состоянии, когда традиционные, патриархальные нормативные структуры теряли свою прежнюю эффективность, а новые морально-правовые регуляторы только еще формировались, осевое общество оказалось на историческом этапе, когда внутри него распалась связь времен.

Л и т е р а т у р а

1. Араухо И. Архитектурная композиция / И. Араухо. – М.: Высш. шк., 1982. – 208 с.
2. Арнхейм Р. Динамика архитектурных форм: монография / Р. Арнхейм. – М.: Прогресс, 1984. – 193 с.
3. Линч К. Образ города / К. Линч. – М.: Стройиздат, 1982. – 328 с.
4. Саймондс Д. О. Ландшафт и архитектура / Д. О. Саймондс. – М.: Изд. л-ры по строительству, 1965. – 190 с.
5. Корбюзье Л. Архитектура XX века / Ле Корбюзье // Пер. с фр.; под ред. К. Т. Топуридзе. – М.: Прогресс, 1970. – 303 с.
6. Хан-Магомедов С. О. Николай Ладовский: (Пионеры сов. архитектуры) / С. О. Хан-Магомедов. – М.: Знание, 1984. – 64 с.
7. Ясперс К. Смысл и назначение истории: [Сб.: Пер. с нем.] / К. Ясперс; [Вступ. ст. П. П. Гайденко; Коммент. В. Н. Катасонова]. – 2-е изд. – М.: Республика, 1994. – 527 с.

Skorchenko Yu. A.

AXIAL TIME AND ANCIENT ARCHITECTURE: SOME ASPECTS

The article is devoted to the analysis of time - the form of existence of matter, including the axial time of K. Jaspers. Some features and configurations of the ancient economy are considered. Attention is paid to highlighting certain aspects of ancient architecture and other manifestations of the life of the axial society.

Key words: space-time, ancient architecture, matter, civilization, economy.

Скорченко Юрий Александрович, кандидат исторических наук, доцент, доцент кафедры

общеобразовательных дисциплин Института строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

E-mail: skorchenko60@mail.ru

Skorchenko Yuriy Aleksandrovich, Candidate of Historical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of General Educational Disciplines of the Institute of Construction, Architecture and Housing and Communal Services of the «LSU named after V. Dahl».

Рецензент: Дрозд Геннадий Яковлевич, доктор технических наук, профессор кафедры промышленного, гражданского строительства и архитектуры ИСА и ЖКХ ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля», академик Академии строительства Украины, академик Академии технических наук Луганской Народной Республики.

Статья подана 07.11.2023

УДК 72.01

ФЕНОМЕН СОЦИАЛЬНЫХ РЕМИНИСЦЕНЦИЙ В КОНТЕКСТЕ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Салуквадзе И. Н., Скорченко Ю. А.

THE PHENOMENON OF SOCIAL REMINISCES IN THE CONTEXT OF THE URBAN ENVIRONMENT

Salukvadze I. N., Skorchenko Yu. A.

В статье исследован контекст ретенции общественной памяти в архитектурной среде города. Изучение и понимание этих многообразных смыслов позволяет проанализировать мегаполис как культурно-исторический феномен. Рассмотрены особенности развития социальной реминисценции с позиции городского дизайна.

Ключевые слова: память, места памяти, качество среды, сохранение, восприятие.

Современное архитектурно-дизайнерское творчество сосредоточено на создании качественных и гармоничных условий жизнедеятельности населения в контексте устойчивого развития городов. Процесс мегаурбанизации зодческого пространства предполагает эволюцию многоаспектной категории социальной памяти. Для решения данной проблемы в архитектурной среде целесообразно прежде всего осуществлять междисциплинарные исследования явлений социальной реминисценции в контексте городской среды. Научное изучение различных сторон феномена городского пространства интенсивно происходит в рамках таких дисциплин, как социология, культурология, антропология, география, урбанистика и др.

Отдельные направления изучаемой темы освещены в произведениях В. Асмуса, Я. Гейла, К. Дей, И. Кондаковой, К. Линча, П. Норы, Б. Черкеса, Я. Юрик, Д. Янга и др. Важными в контексте данного анализа являются труды Л. Выготского, З. Фрейда и др. Различные направления развития архитектурной среды исследовали М. Бевз, М. Габрель, В. Глазычев, К. Земсрот, А. Левинсон, С. Линда, С. Мигаль, Б. Посацкий, И. Розельсон, В. Тимохина, Д. Уотсон, С. Хасиева, В. Шимко, Н. Шебек, С. Шубович, Х. Штейнбах, З. Яргина и др.

Цель статьи – определить особенности функционирования и резервирования социальной памяти в архитектурной среде города в контексте ее восприятия различными слоями и группами

населения. Достижение цели предполагает выполнение задачи детекции особенностей формирования данной совокупности с позиции городского дизайна.

Континуум мегаполиса является ламинальным временно-пространственным «живым организмом». Исследование города как социокультурного феномена является одной из нетривиальных проблем в современной науке, мегаполис как субъект жизнедеятельности отражает городскую культуру, характеризуется многослойным исторически-культурным «текстом», – отмечала доктор социологических наук, профессор Л. Г. Скульмовская (р. 1957) [12, с.72 – 83]. В. В. Федоров и И. В. Коваль рассматривали необходимость понимания города как субъекта коммуникации на трех уровнях, а именно: трансляции общечеловеческих текстов, далее соответственно от социальных ролей жителей (социального заказа) до скоротечных коммуникационных процессов [13, с. 5].

Взаимодействие и конфронтационность мегаполиса и окружающей среды отражает разнообразие связей индивида и природы, создает эстетику пространства. Архитектурный континуум города отражает исторические процессы, развитие и социальное положение групп и слоев населения, их влияние на формирование стиля, обеспечение сохранения социальной памяти, а также отношение населения к природной среде.

Мегаполис как эстетический объект, как правило, анализируют в следующих основных аспектах: как сейд художественного восприятия, трактуя его как композиционно-пространственную систему с эстетическими качествами; как объект рельефного творчества, а также как формирование целостного иерархизованного образа города в сознании гостей и жителей в комбинации с различными ценностями (этическими, эстетическими и т. п.).

В то же время следует помнить о социально-культурном потенциале мегаполиса, под которым понимают согласование параметров городской

среды с потребностями его жителей, прежде всего обеспечения безопасности взрослых и детей, формирования у населения чувства сообщества (принадлежности) и взаимопомощи. Целесообразно заметить, что апперцепция безопасности является одной из базовых потребностей индивида. Еще в 1943 г. А. Маслоу выяснил иерархию потребностей человека. К базовым, после удовлетворения физиологических потребностей (голод, жажда, воздух, продолжение рода и т. д.), он отнес «безопасность» [8].

Городской дизайн является посредником в решении вопросов соответствия исторически сложившейся среды запросам современной жизни [6]. Датский архитектор Ян Гейл (р. 1936) отмечал, что ключевой целью дизайна города в будущем должен стать акцент на потребностях людей в живых, безопасных, устойчивых и здоровых городах. Также необходимо усиливать социальную функцию городского пространства как места встреч, способствующего обеспечению социальной устойчивости и формированию открытого, демократического общества [4, с. 6]. Это прослеживается в формировании общедоступных пространств городов по их содержательной нагрузке (ориентировочных, поведенческих, промежуточных и предпространств). К примеру, ориентировочные пространства (эспасы улиц, площадей, набережных и т. п.) производят социально-психологическую установку поведения индивида и являются накопителями общегородских функций. Согласно А. Маслоу, поведение человека мотивируется пятью группами потребностей, которые в свою очередь делятся на первичные и вторичные. К первичным относятся физиологические потребности в безопасности; ко вторичным – социальные потребности в уважении, самовыражении. То есть аффилиации, непосредственно вытекающие из человеческой природы [8].

Парадные, интимные и деловые разновидности характерологических пространств вызывают у людей эмоциональные поступки, адекватные социально-эстетическому содержанию этих локусов, а другие поведенческие пространства влияют на особенности деятельности индивидов с помощью физических параметров и форм, пространственных знаков, формируя «подсознательные команды» действий («стой», «просим», «нежные объятия» и т. д.) [13, с.77]. Каждое из данных пространств участвует в развитии адекватного ощущения локуса у жителей мегаполиса, являясь основой их поведения в сложной городской иерархии пространств от ядра личной жизни и заканчивая общественными эспасами. Эти типы пространств способствуют формированию «городского сознания» у жителей [13, с.77 – 83]. Следовательно, поведение индивида складывается одновременно под действием двух основных факторов: социальных установок и эмоционально-функциональной характеристики локуса. Методы их

проксемного построения основываются на стереотипах поведения индивида.

Элементы городского дизайна (городская мебель, объекты ландшафтного дизайна, тротуары, мостовые, визуальные коммуникации и т. п.) позволяют упорядочить пространство, создавая комфорт для пребывания индивида в городской среде, повышая ее качество. Поведенческие эспасы несут двойную содержательную нагрузку: обеспечивают комфортную среду для обитания человека, создают благоприятное положение для формирования эмоционального настроения [14]. Среди них – кремли, кварталы, площади, улицы, исторически сложившаяся планировка, архитектурные ансамбли и парковые комплексы, сооружения старого и нового времени, представляющие научную, художественную, культурную ценность [11, с. 298 – 99]. К примеру, площадь Трех властей – центр столицы Бразилии, города Бразилиа, возведенная по проекту архитекторов О. Нимейера и Л. Косты, интегрирует деловое, интимное и парадное пространство. В ее центре установлен трехгранный шпиль высотой 100 м, на вершине которого развевается флаг Бразилии площадью 286 м², кроме того, устроен фонтан. Через площадь проходят основные транспортные магистрали, «монументальные оси» композиции.

Как известно, в градостроительных формах отражается мифологическое мышление, и как обобщала профессор, доктор архитектуры С. А. Шубович (1950 – 2015): «Нравится нам это или нет, их необходимо принимать во внимание при построении какой бы то ни было нормативной теории». Такие источники мифопоэтики, как «камни и вода, небо и пещера, север и юг, признаки старения, ось и походка, центр и граница, – это реалии, с которыми должна считаться любая теоретическая концепция» [15, с.46]. Общеизвестна роль воды в процессе закладки городов. В частности, мегаполисами, в которых доминируют образы-символы «вода» и «камень», являются Венеция и Амстердам, которые как бы «вырастают из воды» [9, с.116 – 121]. Мифологический тип сознания остается основой «средового» восприятия индивида.

Эмоционально задействованный в среде индивид полностью адаптируется к ней, чувствуя себя ее частью. И. А. Розенсон (р. 1946) подчеркивала, что «архетипические содержания города...не потеряны, а, следовательно, продолжают выполнять функцию регуляторов поведения». Историческая мифопоэтическая модель мира сохраняет память для будущих поколений [9, с.77 – 85]. В восприятии среды индивидом выделяют оптимальные и иррациональные составляющие (мифологемы, архетипы, стереотипы) [9].

Гармоничное пространство является базовой категорией восприятия и оценки качества городской среды его жителями и туристами. Дизайнер, наследуя средовой поход, в идее будущего объекта

прежде всего моделирует «средовую атмосферу», генерируя эмоционально-психическую реакцию зрителя, который будет находиться в этом локусе [9, с.109 – 111].

Средовую атмосферу города формирует архитектурное пространство, интегрирующее также звуки, запахи, освещение, стиль поведения, оценочные стереотипы населения. Американский социолог У. Уайт (1914 – 2000) в произведении «Город: заново открывая центр» (Нью-Йорк, 1988) вводит понятие «100% места» – территория, которая имеет все важные качества городского пространства, удовлетворяющие практические и духовные потребности жителей в органическом гармоничном единстве. Например, Пьяццо дель Кампо в Сиене, имеет уникальное сочетание указанных качеств и является образцовым функционально-эстетическим городским пространством, главной репрезентативной площадью Сиены. На этой территории безопасно и удобно ходить, стоять, сидеть, слушать и разговаривать. Данное архитектурное единство обеспечивают пропорции, материалы, колористика, элементы городского дизайна. Они создают и обогащают другие качества этого места [4, с.176 – 178].

Важно помнить, что отношения жителей к мегаполису многоаспектны. Главными категориями восприятия и оценки индивидом города являются:

- физиологический комфорт, обусловленный физическими параметрами среды;
- безопасность;
- возможность практической и социальной ориентации;
- функциональное удобство;
- эстетическое совершенство окружающей среды, возможность самоидентификации.

Общеизвестны механизмы «включения в память как увековечение» и извлечение из памяти как «репрессия или прощение» [2]. Американский профессор П. Гири (р. 1948) констатирует: память социума – это «...процесс, с помощью которого общество актуализирует и переформулирует свое восприятие прошлого как неотъемлемой составляющей своей идентичности» [5, с. 342 – 348]. В мегаполисах непрерывно происходят одновременные процессы материализации государственных доктрин памяти и общественной репрезентации. Политические процессы и потрясения (восстания, войны, реформы и революции) постоянно отображаются в семиотизации городского пространства: установка памятников, памятных досок, закладных камней, часовен, храмов и т. п. Это – постоянные или долговременные формы, а практикуется огромное количество более или менее регулярных временных процедур: торжественное, праздничное оформление зданий и сооружений, вывешивание и подъем флагов, штандартов, знамен, гирлянд, различных сооружений (факелы, светильники, муляжи, манекены, и т. п.). Более или менее регулярно

выдерживаемые процедуры почитания предков, возложение венков и цветов к могилам. Проведение митингов, уличных шествий, парадов, понятно, что они обыкновенно проходят в наиболее сакральных местах пространства города – у могил павших героев, у памятников великим предкам, у исторически значимых локусов (мест казней, расстрелов, начала политических действий и т. п.) [10, с.24]. То есть определяющая функция в решении проблемы сохранения исторической памяти в городской среде принадлежит государству, отражающемуся в формировании доктрины памяти, а также в умении сообществ помнить и чтить, запечатлеть имена героев, отдавших свою жизнь за родину. Сегодня необходимо активизировать меморативную деятельность в городах, чтобы маркировать «места памяти». Ведь работа по увековечению и сохранению памяти является мерилем уровня гуманности общества и государства.

Интерференция искусства в целом и архитектуры в частности на социальную память обусловлено уровнем влияния художественных образов на разум и эмоциональное состояние человека [1, с. 42]. Искусство, как отмечал Л. С. Выготский, есть орудие общества, с помощью которого оно вовлекает в социальную жизнь самые интимные аспекты нашего естества [3, с.239], дает возможность зрителю взаимодействовать с социальной памятью, заложенной в произведение автором, которая связана «с исторической памятью личности и в итоге вызывает в ней те изменения, которые затем становятся его социальной памятью» [7, с.565].

Символические просторы, «места памяти», объекты-символы, памятники в городской среде сочетаются в контексте новых функций городов, создают окружающую среду, имеют историческую реминисценцию и становятся ареной репрезентации актуальных потребностей жителей. На городских просторах в особенности эффективно осуществляется материализация «памяти» с помощью монументальных средств. Следовательно, необходимо прежде всего места, где совершались убийства мирных граждан, «вычеканить» в памяти нынешних поколений как знак напоминания в отношении совершенных в прошлом преступлений против человечности, которые никогда не должны повториться. В начале XXI века в городских пространствах архитекторы, дизайнеры, художники средствами монументальной пропаганды свидетельствуют о жертвах трагедий, геноцида, террористических актов. То есть о событиях, которые необходимо помнить, чтобы не допустить их повторения в будущем. Ретроспективный анализ целесообразно осуществлять одновременно с процессом сохранения «мест памяти», а также имеющегося культурного наследия.

Выводы Одним из главных признаков в восприятии и оценке индивидом среды города

является необходимость идентификации и сохранения эспаса эйдетики. Феномен «память» материализуется в городских пространствах на разных уровнях: глобальном, государственном, локальном, общественном. Это свойство среды подвергается постоянному переосмыслению прежде всего в континууме мегаполиса средствами искусства. В то же время в зависимости от уровня сохранения и ценности исторической составляющей городов зодчие в своем творчестве обращаются к разным пластам исторической реминисценции социума, региона. Архитектурная среда города отражает актуальные процессы жизнедеятельности общества, их развитие, отношение к окружающему пространству, эстетике, а также является отражением социальной памяти.

Л и т е р а т у р а

1. Асмус В. Чтение как труд и творчество / В. Ф. Асмус // Вопросы литературы. – 1961. – № 2. – С. 42.
2. Брагина Н. Память в языке и культуре / Н. Г. Брагина. – М.: Языки славянских культур, 2007. – 520 с.
3. Выготский Л. Психология искусства / Л. С. Выготский. – М.: «Феникс», 1998. – 479 с.
4. Гейл Ян. Города для людей / Ян Гейл. – М.: Альпина Паблишер, 2012. – 276 с.
5. Гири П. Память // Словарь средневековой культуры / под ред. А. Я. Гуревича. – М.: РОССПЭН, 2003. – 633 с.
6. Калинина Н. С. Дизайн среды открытых пространств центра исторического города [Текст]: дис. канд. архитектуры: 18.00.01 / Н. С. Калинина. – М., 2000. – 177 с.
7. Кондаков И. Цивилизационная идентичность в переходную эпоху: культурологический, социологический и искусствоведческий аспекты / И. В. Кондаков, К. Б. Соколов, Н. А. Хренов. – М.: Прогресс-традиция, 2011. – 1024 с.
8. Маслоу А. Г. Мотивация и личность / А. Г. Маслоу. – СПб.: Евразия, 1999. – 478 с.
9. Розенсон И. Основы теории дизайна [Текст] / И. А. Розенсон. СПб.: Питер, 2007. – 256 с.
10. Русакова О.Ф., Русаков В.М. Город как пространство исторической памяти / О.Ф. Русакова, В.М. Русаков // Дискурс Пи. – 2017. – № 1. – С. 22-36.
11. Скорченко Ю. А. Строительство, архитектура, урбанистика. Тезаурус: учебное пособие / авт.-сост. Ю.А. Скорченко. – Луганск: Ноулидж, 2023. – 502 с.
12. Скульмовская Л. Г. Городская среда как субстрат культуры города [Текст] / Л. Г. Скульмовская // Город в пространстве культуры региона: общее и особенное : моногр. / Л. Г. Скульмовская. – СПб.: ИНФО-ДА, 2004. – 160 с.
13. Федоров В. Миф о символизме архитектуры / В. Федоров, И. Коваль. – М.: Либроком, 2009. – 208 с.
14. Хасиева С. Архитектура городской среды: учеб. для вузов / С. А. Хасиева. – М.: Стройиздат, 2001. – 200 с.
15. Шубович С. А. Миф о поэтике архитектурного ансамбля / С. А. Шубович. – Харьков: «Форт», 2009. – 120 с.

Salukvadze I.N., Skorchenko Yu. A.

THE PHENOMENON OF SOCIAL REMINISCES IN THE CONTEXT OF THE URBAN ENVIRONMENT

The article explores the context of the retention of public memory in the architectural environment of the city. Studying and understanding these diverse meanings allows us to analyze the metropolis as a cultural and historical phenomenon. The features of the development of social reminiscence from the perspective of urban design are considered.

Key words: memory, places of memory, environmental quality, preservation, perception.

Салуквадзе Ирина Николаевна, кандидат экономических наук, доцент, заместитель директора Института строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».
E-mail: salykir73@mail.ru

Скорченко Юрий Александрович, кандидат исторических наук, доцент, доцент кафедры общеобразовательных дисциплин Института строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».
E-mail: skorchenko60@mail.ru

Salukvadze Irina Nikolaevna, candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Deputy Director of the Institute of Construction, Architecture and Housing and Communal Services of the Lugansk State University named after Volodymyr Dahl.

Skorchenko Yuriy Aleksandrovich, Candidate of Historical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of General Educational Disciplines of the Institute of Construction, Architecture and Housing and Communal Services of the «LSU named after V. Dahl».

Рецензент: Андрийчук Николай Данилович, доктор технических наук, профессор кафедры ВТГВ, директор ИСА и ЖКХ ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля».

Статья подана 07.11.2023

УДК 624.072.002.2

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО РАСЧЕТУ ЦЕНТРАЛЬНО СЖАТЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СТЕРЖНЕЙ, ИМЕЮЩИХ ПОЛЯ НАЧАЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ

Хвортова М. Ю.

PROPOSALS FOR THE CALCULATION OF CENTRALLY COMPRESSED METAL RODS HAVING INITIAL STRESS FIELDS

Khvortova M. Y.

Приведены результаты численных исследований сжатых стержней, имеющих поля начальных напряжений, вызванные локальными термическими воздействиями при сварке и предварительном напряжении. Определена область рационального использования разработанного аналитического аппарата. Установлена степень влияния различных факторов (прочностных характеристик материала R, гибкости λ , характера и величины зон начальных напряжений d) на величины критических сил при случайных эксцентриситетах. Получены зависимости коэффициента продольного изгиба $\varphi = f(\lambda, e, d, R)$ и разработаны предложения по расчету сжатых стержней, имеющих поля начальных напряжений, с использованием нормативных методик.

Ключевые слова: начальные напряжения, сжатые двутавровые стержни, зона термического влияния, устойчивость, несущая способность.

Введение. В настоящее время существует значительный фонд стальных строительных конструкций. Наиболее ходовыми для изготовления колонн, стропильных балок и ферм, специальных конструкций зданий и сооружений являются двутавровые профили. Это обстоятельство способствует разработке новых методов расчета и технологий изготовления на базе последних достижений науки и техники [1-3 и др.].

Остаточное напряженное состояние неизбежно возникает при изготовлении металлических конструкций вследствие применения локального высокотемпературного нагрева, что приводит к снижению несущей способности сжатых двутавровых элементов до 37%. Неблагоприятное влияние остаточных напряжений определяет разграничение коэффициентов продольного изгиба для расчета сжатых элементов одного профиля. В нормах проектирования стальных конструкций [1] методика определения коэффициента продольного изгиба не учитывает технологию изготовления конструкций, т.е. наличие остаточного напряженного состояния.

Цель работы – получить зависимость коэффициента продольного изгиба φ для центрально

сжатых двутавровых стержней с учетом влияния различных факторов (прочностных характеристик материала R, гибкости λ , характера и величины зон начальных напряжений d) при случайных эксцентриситетах и разработать предложения по расчету сжатых стержней, имеющих поля начальных напряжений, с использованием рекомендованных нормами методик.

Изложение основного материала.

Численные исследования сжатых стержней, имеющих поля начальных напряжений, проводились для решения следующих задач исследования.

1. Определение области рационального использования разработанного аналитического аппарата [4-9].

2. Определение степени влияния различных факторов (прочностных характеристик материала R, гибкости λ , характера и величины зон начальных напряжений d) на величины критических сил при случайных эксцентриситетах.

3. Получение зависимостей $\varphi = f(\lambda, e, d, R)$ и разработка предложений по расчету сжатых стержней, имеющих поля начальных напряжений, с использованием рекомендованных нормами методик.

При решении первых двух задач (были выполнены расчеты более 400 моделей стержней) сделаны следующие выводы.

1. Влияние начального напряженного состояния на работу стержней под нагрузкой для всего диапазона изменения прочностных характеристик характеризуются схожими зависимостями: наличие зон начальных растягивающих напряжений, расположенных на кромках поясов увеличивает, а наличие сварных поясных швов снижает величины критических сил.

2. Значительные отклонения в величинах критических сил для сжатых стержней с поясными сварными швами наблюдаются в диапазоне гибкостей от 40 до 100. Для стержней с зонами растягивающих напряжений на кромках поясов

расхождение в величинах критических сил начинается с гибкостей менее 40.

3. Для стержней с шириной зоны растягивающих кромок полок более 1.5 см расхождение в величинах критических сил несущественны.

4. Для установленного диапазона гибкостей ($60 < \lambda < 120$) зависимости $\varphi = f(\lambda, e, d, R)$ носят нелинейный характер.

5. На основании выполненных расчетов, а также учитывая форму представления в СНиП II-23-81* коэффициента продольного изгиба, были определены объемы математического эксперимента для решения третьей задачи. Всего было рассчитано 504 модели стержней, для которых были определены величины критических сил. Полученные данные были подвержены последовательной аппроксимации способом наименьших квадратов. На первом этапе была получена аппроксимирующая функция с учетом условия отсутствия зон начальных термических напряжений. Для интервала гибкостей $60 < \lambda < 120$ и расчетных сопротивлений стали $200 < R < 400$ МПа функция имеет вид:

$$\varphi_0 = (0,162 R - 0,254) \bar{\lambda}^2 + (0,578 - 0,617 R) \bar{\lambda} + (0,36 R + 0,596), \quad (1)$$

где $R = R_y/200$, $\bar{\lambda} = \lambda/60$ соответственно относительное сопротивление стали (принимается в МПа) и относительная гибкость.

После этого была проведена последовательная аппроксимация дополнительных составляющих, полученных как разница между относительными величинами несущей способности при $d \neq 0$ и при $d = 0$. Были получены следующие дополнительные функции.

Для зон термических напряжений на кромках полок

$$\begin{aligned} \varphi_{d1} = & \left[(0,776 (R - 2,651) \bar{\lambda}^2 + (9,44 - 2,993 R) \bar{\lambda} \right. \\ & \left. + (2,813 R - 7,38) \right] d^2 + \\ & + \left[(0,375 + 0,0933) \bar{\lambda}^2 - (1,577 + 0,105 R) \bar{\lambda} + \right. \\ & \left. + (1,592 - 0,126 R) \right] d, \end{aligned} \quad (2)$$

где $d = 2 d_t / b_f$ (d_t – ширина зоны термического влияния, b_f – ширина полки).

Для поясных сварных швов

$$\begin{aligned} \varphi_{d2} = & \left[(0,0207 (R - 0,60176) \bar{\lambda} \right. \\ & \left. - (0,0221 R + 0,0024) \right] d^2 + \\ & + \left[(0,015 - 0,041 R) \bar{\lambda}^2 + (0,0904 R + 0,0806) \bar{\lambda} \right. \\ & \left. - (0,249 + 0,00454 R) \right] d, \end{aligned} \quad (3)$$

где $d = (k_f + \delta) / h_w$ (k_f и δ – соответственно катет сварного шва и величина зоны проплавления основного металла).

Тогда относительная величина несущей способности:

$$\varphi_{f,p} = \varphi_0 + \varphi_d, \quad (4)$$

где φ_d определяется по формуле (2) или (3) в зависимости от вида полей начальных напряжений.

После этого проведена статистическая обработка полученных аппроксимирующих функций с целью определения математического ожидания коэффициента $K_0 = \varphi_{f,p} / \varphi_m$, где $\varphi_{f,p}$, φ_m – соответственно относительные величины несущей способности, полученные по формуле (4) и в ходе проведения математического эксперимента) и его среднеквадратическое отклонение. В ходе выполнения расчетов (обрабатывалась выборка из 504 значений $\varphi_{f,p}$ и φ_m) математическое ожидание $\bar{\varphi} = 1,000845$, а среднеквадратичное отклонение $\sigma = 0,0153$. Было установлено, что с вероятностью $P = 0,99$ значения σ находятся в интервале $\mp 2,6 \times 0,0153 = \mp 0,0398$. Зная величину интервала, а также учитывая то обстоятельство, что в процессе вычисления значений коэффициента продольного изгиба необходимо ориентироваться на значения, идущие в запас прочности, величины коэффициентов было рекомендовано назначать с учетом поправочного коэффициента

$$\gamma_d = 1,000845 + 0,0398 \cong 1,04,$$

$$\text{т.е.} \quad \varphi_f = \varphi_{f,p} / \varphi_d = 0,962 \varphi_{f,p}. \quad (5)$$

Результаты исследования. Таким образом, учет влияния полей начальных напряжений на несущую способность сжатых двутавровых стержней, деформирующихся в плоскости наименьшей жесткости, рекомендуется выполнять путем умножения расчетного сопротивления стали R_y на коэффициент продольного изгиба, определяемый по формулам (1) – (5). Расчеты с использованием подготовленных предложений могут быть выполнены в двух вариантах: по заданным геометрическим характеристикам, прочностным характеристикам материала и схемам размещения зон начальных напряжений определяют несущую способность стержня; по заданным величинам продольной силы, прочностным характеристикам материала и схемам размещения зон начальных напряжений подбирают сечение.

Литература

1. СП 16.13330.2017. Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81* [Электронный ресурс] / Минстрой России. – М. : ФГУП «Стандартинформ», 2017. – 140с. – URL:

kodeks://link/d?nd=456069588&point=mark=06PA4UV3GI2
BJR3ECRLCV1O9ACHH32EQHSO2JDRMCF2MIUMO403
A00M1 (дата обращения: 20.09.2023).

2. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений: Федеральный закон РФ от 30.12.2009 № 384-ФЗ [Электронный ресурс] // Российская газета. - 2009. - № 225. - URL: kodeks://link/d?nd=902111644&point=mark=19E7JUF0D0 HBML-2H2ARHT176EG6S000000A1FHN3D73JM3IBD3DHNUM4 (дата обращения: 20.09.2023).

3. ГОСТ 27751–2014. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения [Электронный ресурс]. — М.: Стандартинформ, 2015. -16 с. - URL: kodeks://link/d?nd=1200115736&point=mark=31FJ93029G8I3KORR6N2O74AJ624PKAUO2G0LFV R15IKAVL3VVVVV4(дата обращения: 20.09.2023).

4. Голоднов А.И., Набоков И.И., Хвортова М.Ю. Методика определения несущей способности центрально сжатых стержней, предварительно напряженных ЛТВ // Матер. междунар. науч.-техн. конф. «Новые методы расчета, материалы и технологии в стр-ве» (г.Алчевск, 13-16 сентября 1993 года). – Алчевск: ДГМИ, 1993. – С. 85-91.

5. Расчет и проектирование элементов металлических конструкций на основе двутавров с заданными полями начальных напряжений: Учеб. пособие / А.И. Голоднов, М.Ю. Хвортова. – Алчевск: ДГМИ, 1997. – 116 с.

6. Голоднов А.И., Хвортова М.Ю. Использование практических методик определения несущей способности сжатых стержней с учетом имеющихся полей начальных напряжений // Междунар. конф. «Теория и практика метал. конструкций» (г. Макеевка, 2-4 декабря 1997 года): Сб. тр. Т.1. – Донецк; Макеевка: ДГАСА, 1997. – С.65-67.

7. Голоднов А.И., Хвортова М.Ю. Экспериментальные исследования полей остаточных напряжений в составных и прокатных двутаврах // Автомат. сварка. – 2002. – № 3. – С. 29-31.

8. Голоднов А.И., Хвортова М.Ю. Устойчивость металлических стержней при наличии начальных напряжений // Наук.-практ. пробл. моделирования та прогнозування надзвичайних ситуацій: Зб. наук. статей / КНУБА. – К.: КНУБА, 2002. – Вип. 5. – С. 127-132.

9. Голоднов А.И., Иванов А.П., Хвортова М.Ю. Методика экспериментального определения начальных напряжений в поясах двутавров при преднапряжении ЛТВ

// Междунар. конф. «Теория и практика метал. конструкций» (г. Макеевка, 2-4 декабря 1997 года): Сб. тр. – Т.1. – Донецк; Макеевка: ДГАСА, 1997. – С. 68-69.

Khvortova M.Y.

PROPOSALS FOR THE CALCULATION OF CENTRALLY COMPRESSED METAL RODS HAVING INITIAL STRESS FIELDS

The results of numerical studies of compressed rods having initial stress fields caused by local thermal effects during welding and prestressing are presented. The area of rational use of the developed analytical apparatus is determined. The degree of influence of various factors (strength characteristics of the material R , flexibility λ , the nature and magnitude of the initial stress zones d) on the values of critical forces at random eccentricities is established. The dependences of the longitudinal bending coefficient $\varphi = f(\lambda, e, d, R)$ are obtained and proposals are developed for the calculation of compressed rods having fields of initial stresses using normative techniques.

Key words: initial stresses, compressed I-beam rods, zone of thermal influence, stability, bearing capacity.

Хвортова Марина Юрьевна, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Промышленное, гражданское строительство и архитектура» ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

E-mail: mkhvortova@mail.ru

Khvortova Marina Yuryevna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Industrial, Civil Engineering and Architecture of «LSU named after V. Dahl».

E-mail: mkhvortova@mail.ru

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

Статья подана 22.11.2023

УДК 697

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЕНТИЛЯТОРНЫХ УСТАНОВОК

Черникова И. Д., Салуквадзе Г. В., Соколов В. И.

PERFECTING STRUCTURAL ELEMENTS OF VENTILATION SYSTEMS FOR IMPROVING AERODYNAMIC CHARACTERISTICS OF VENTILATOR UNITS

Chernikova I. D., Salukvadze G. V., Sokolov V. I.

В работе рассмотрен вопрос улучшения аэродинамических характеристик вентиляторных установок за счёт совершенствования конструктивных элементов присоединения радиальных вентиляторов к вентиляционной системе. Отмечено, что особенностью диффузора, размещенного непосредственно после нагнетательного патрубка вентилятора, является формирование неравномерного и несимметричного поля скоростей в начальном его сечении, что обуславливает увеличение потерь давления. Рассмотрены рекомендации по повышению эффективности диффузоров. В модуле Flow Simulation программного комплекса SOLIDWORKS проведено численное моделирование турбулентного потока в конструктивных элементах, связывающих выходной патрубок и воздуховод, на основании чего рекомендовано выравнивающую пластину при её установке в несимметричном диффузоре выполнить составной с разными углами наклона её частей. Улучшение аэродинамических характеристик вентиляторной установки при использовании составной выравнивающей пластины в несимметричном диффузоре подтверждено экспериментально. На основании экспериментальных исследований аэродинамических характеристик вентиляторной установки даны рекомендации по выбору геометрических параметров размещения выравнивающей пластины в диффузоре, обеспечивающих максимальное повышение производительности радиального вентилятора. Использование вентиляторных установок с улучшенными аэродинамическими характеристиками позволяет повысить энергетическую эффективность вентиляционных систем и снизить их эксплуатационные затраты.

Ключевые слова: вентиляционная система, радиальный вентилятор, диффузор, выравнивающая пластина, производительность вентилятора.

Введение. Вентиляционные системы являются составной частью любого здания или сооружения, которые поддерживают состояние воздушной среды, благоприятной для пребывания в них человека и выполнения технологических процессов [1-4]. Доля затрат на проектирование и установку вентиляционных систем может составлять 10–15%

от стоимости сооружений, а эксплуатационные расходы в ряде случаев достигают половины затрат от общих. Поэтому при разработке вентиляционных систем особое внимание уделяется их эксплуатационным характеристикам и прежде всего энергетической эффективности при соблюдении требований точности контролируемых параметров микроклимата [5-8].

Актуальность вопроса и постановка задачи. Повышение энергетической эффективности систем вентиляции во многом определяется улучшением аэродинамических характеристик вентиляторных установок, увеличением их производительности, что достигается совершенствованием конструктивных элементов соединения воздуховодов с выходными патрубками вентиляторов [9-12]. Данное обстоятельство в первую очередь относится к вентиляторным установкам с радиальными (центробежными) вентиляторами, на выходе из которых воздушный поток характеризуется неравномерным полем скорости, деформацией структуры и крупномасштабными завихрениями. Численные исследования и экспериментально полученные рекомендации [13-16] показывают, что для эффективной работы вентилятора в системе нагнетания за выходным патрубком вентилятора следует размещать хорошо спроектированный диффузор, при этом существенно уменьшается динамическое давление вентилятора и уменьшается суммарное сопротивление системы.

На основании вышеизложенного актуальной и сложной задачей является совершенствование конструктивных элементов присоединения радиальных вентиляторов к вентиляционной системе. Оценку эффективности конструктивных элементов следует проводить с учетом неравномерности поля скоростей воздушного потока на выходе нагнетательного патрубка для рабочего диапазона аэродинамических характеристик вентилятора. Критерием эффективности выбора оптимальных геометрических параметров могут выступать потери

давления на элементах присоединения выходного патрубка к вентиляционной системе, а также повышение производительности вентиляторной установки [17-20].

Целью работы является совершенствование на основе численных и экспериментальных исследований конструктивных элементов вентиляционных систем для улучшения аэродинамических характеристик вентиляторных установок.

Изложение основного материала. Как отмечено выше, улучшение аэродинамических характеристик вентиляторных установок достигается совершенствованием конструктивных элементов соединения воздуховодов с выходными патрубками вентиляторов, в качестве которых могут использоваться различного вида диффузоры [17, 18]. Исследование диффузоров с равномерным распределением скоростей на входе показывают, что для предупреждения больших потерь давления в них угол раскрытия должен быть небольшим $\alpha_0 \leq 14$

(рис. 1, а), поскольку дальнейшее увеличение этого угла способствует крупномасштабному турбулентному перемешиванию потока, отрыву пограничного слоя от стенки диффузора и связанным с этим сильным вихреобразованием, вследствие чего коэффициент потерь диффузора существенно возрастает. Вместе с тем значительное увеличение длины диффузора (при небольших углах раскрытия) является неудобным с точки зрения монтажной целесообразности, поэтому вместо относительно длинных диффузоров применяют более короткие, хотя и с увеличенными потерями давления в них. Условия протекания потока в коротких диффузорах (с большими углами раскрытия) могут быть существенно улучшены, а сопротивление уменьшено, если предотвратить отрыв потока или ослабить вихреобразование. Основные способы и мероприятия, способствующие улучшению течения в диффузорах [16-18, 20], представлены на рис. 1–4.

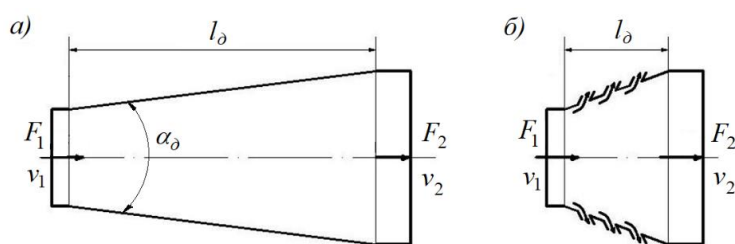


Рис. 1. Повышение эффективности диффузоров:
а) уменьшения угла раскрытия диффузора; б) отсос пограничного слоя

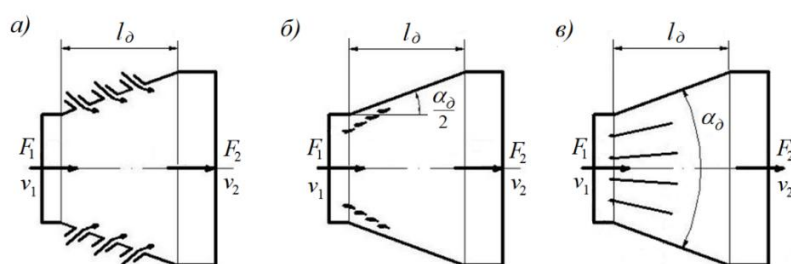


Рис. 2. Повышение эффективности диффузоров:
а) сдвиг пограничного слоя; б) установка направляющих лопаток (дефлекторов);
в) установка укороченных разделяющих стенок

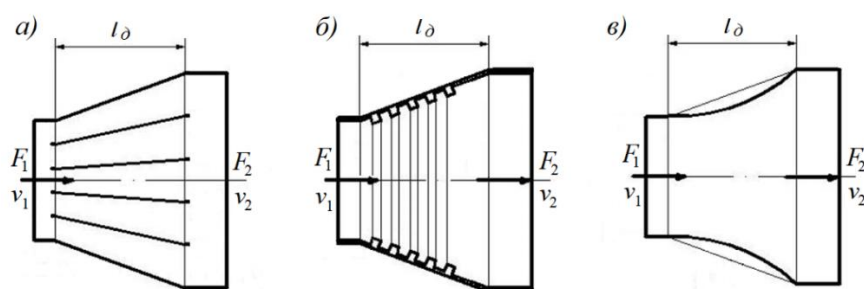


Рис. 3. Повышение эффективности диффузоров:
а) установка удлиненных разделяющих стенок; б) оребрение внутренних поверхностей стенок диффузора;
в) изогradientный криволинейный диффузор

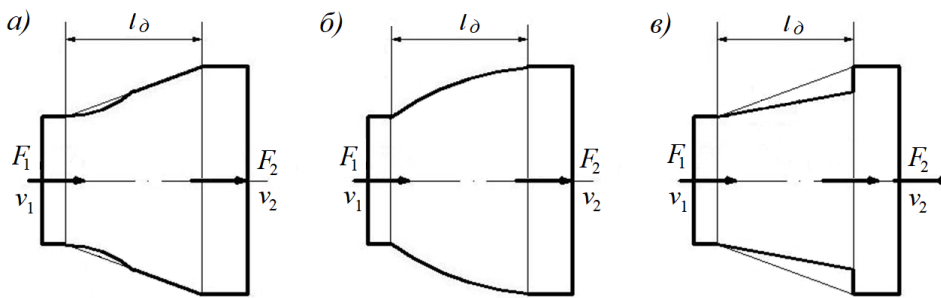


Рис. 4. Повышение эффективности диффузоров:

а) криволинейный диффузор; б) предотрывный диффузор; в) ступенчатый диффузор

Как отмечалось нами ранее, особенностью диффузора, размещенного непосредственно после нагнетательного патрубка радиального вентилятора, является формирование неравномерного и несимметричного поля скоростей в начальном его сечении. Поэтому нагнетательный поток в диффузоре вентиляторной установки отличен от течений в диффузорах с равномерным распределением скорости.

Для дополнительного анализа структуры потока в конструктивных элементах, связывающих выходной патрубок и воздуховод, проведено численное моделирование турбулентного течения в модуле Flow Simulation программного комплекса SOLIDWORKS [12].

При описании турбулентного течения применялась стандартная $k-\varepsilon$ модель турбулентности [1, 4], в основу которой положен анализ изменения кинетической энергии k турбулентного потока и скорости ее диссипации ε . Для расчета дополнительных турбулентных напряжений использовалась концепция турбулентной вязкости с определением кинематического коэффициента турбулентной вязкости ν_t по «связке» Прандтля- Колмогорова.

На рис. 5-6 показаны двумерные графики с векторами скоростей (длина стрелок показывает величину скорости) и изолиниями, которые показывают линии и области одинаковых диапазонов результирующих скоростей (каждая область закрашена в разный цвет).

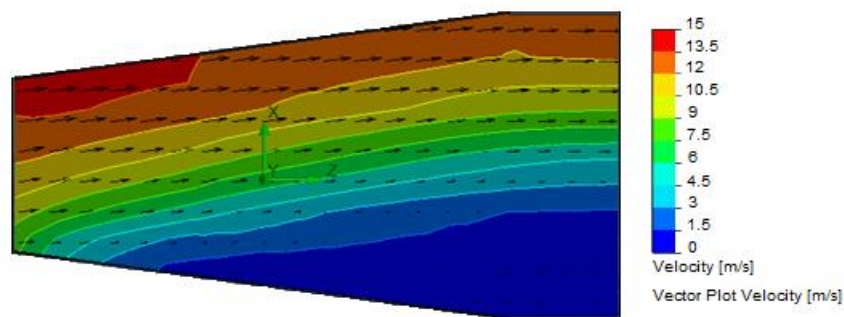


Рис. 5. Распределение скоростей, изолиний и векторов скоростей в диффузоре с неравномерным полем скоростей в начальном сечении

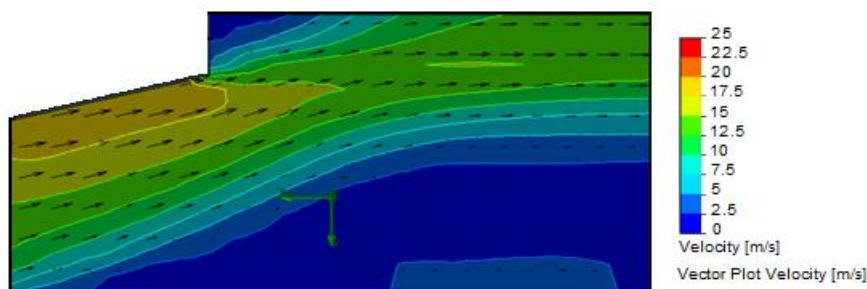


Рис. 6. Распределение скоростей, изолиний и векторов скоростей в несимметричном ступенчатом диффузоре с неравномерным полем скоростей в начальном сечении

Численное моделирование убедительно показывает, что для выравнивания потока целесообразным является установка в диффузоре составной выравнивающей пластины с разными углами ее частей и погружением передней по потоку части в зону выходного патрубка вентилятора. И в большей степени данную рекомендацию следует применить, когда в силу монтажных требований в качестве конструктивного элемента соединения воздуховода с выходным патрубком вентиляторов используется несимметричный диффузор.

На рис. 7 показана составная выравнивающая пластина в несимметричном диффузоре. Благодаря

разным углам наклона α_1 и α_2 соответственно составных частей пластины (рис. 7, а) их направления приближаются к линиям тока воздушного потока, поэтому уменьшается дополнительная деформация потока и вихреобразование на отдельных участках пластины. Это обеспечивает снижение потерь энергии воздушного потока в зоне выхода потока из радиального вентилятора и в зоне несимметричного диффузора. Снижение потерь энергии позволяет повысить напор и производительность радиального вентилятора, тем самым улучшить его аэродинамические характеристики.

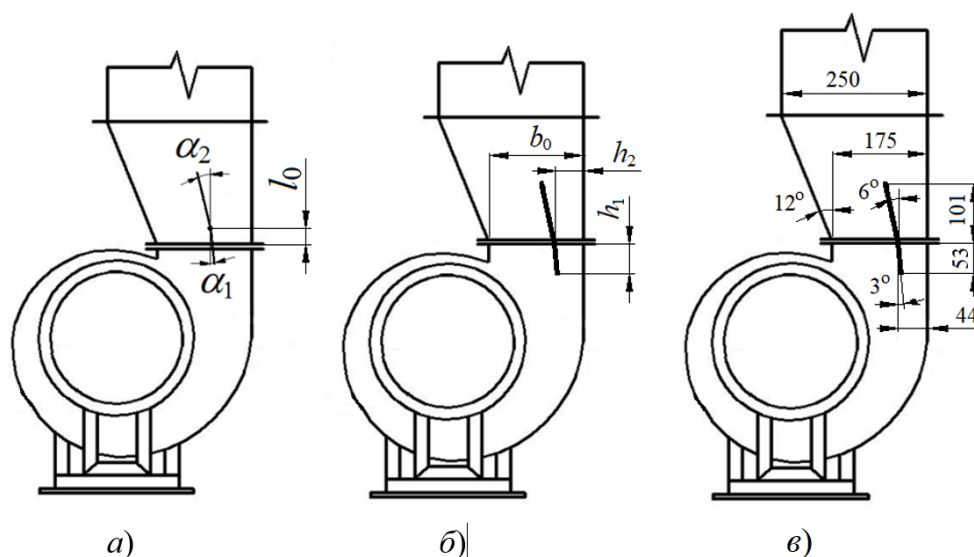


Рис. 7. Составная выравнивающая пластина в несимметричном диффузоре

Исследование аэродинамических характеристик вентиляторной установки с радиальным вентилятором при наличии составной выравнивающей пластины проведено на экспериментальном стенде, схема которого показана на рис. 8. Здесь обозначены: 1 – радиальный вентилятор (В), 2 – входной патрубок вентилятора, 3 – всасывающий воздуховод (ВВ) с установленным коллектором (К) для измерения расхода воздуха, 4 –

выходной патрубок вентилятора, 5 – несимметричный диффузор (НД), 6 – нагнетательный воздуховод (НВ), в котором установлен дроссель-клапан (ДК) для регулирования режимов работы вентилятора, 7 – составная выравнивающая пластина. На экспериментальной установке использован вентилятор ВР 80-75.1 № 2,5 с частотой вращения рабочего колеса $n=1450$ об/мин.

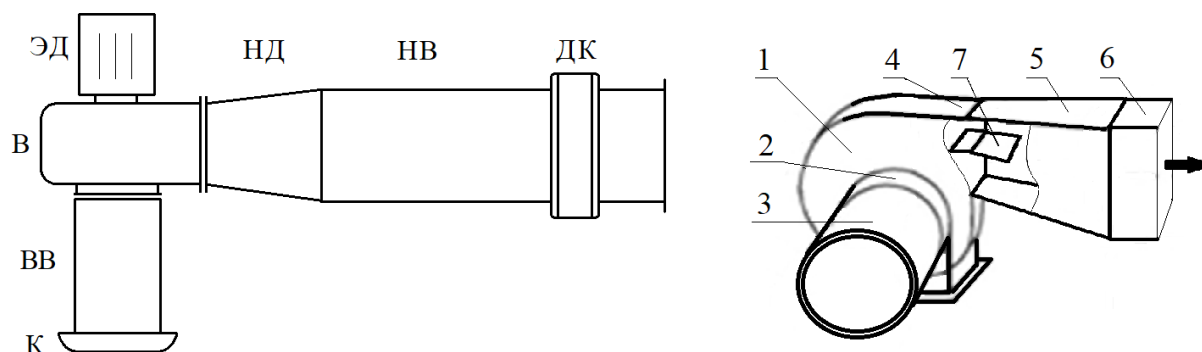


Рис. 8. Схема экспериментальной установки

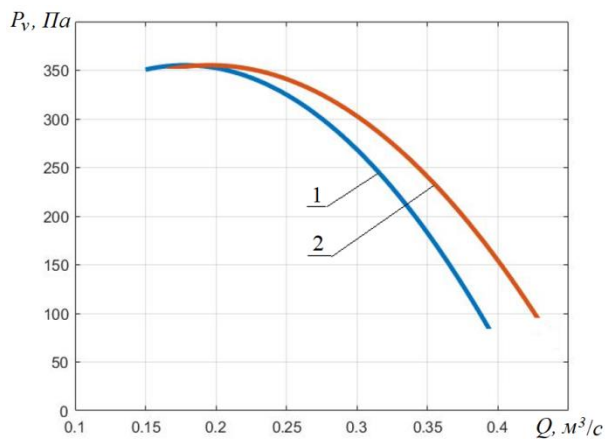


Рис. 9. Аэродинамические характеристики вентиляторной установки 1 – без пластины, 2 – при наличии составной выравнивающей пластины

Экспериментальные исследования убедительно показывают повышение производительности вентиляторной установки с радиальным вентилятором при наличии составной выравнивающей пластины в несимметричном диффузоре. На рис. 9 показано сравнение аэродинамических характеристик вентиляторной установки без пластины и с пластиной, размеры которой приведены на рис. 7, в.

Экспериментальные исследования показали, что расположение точки изгиба составных частей выравнивающей пластины относительно плоскости соединения выходного патрубка вентилятора с несимметричным диффузором в диапазоне расстояний $l_0 = \pm 0,05b_0$ (рис. 7, а, б) оказывало влияние в диапазоне погрешности измерений. Поэтому в дальнейших исследованиях по разработке рекомендаций для установки выравнивающей пластины было принято оптимальным считать выполнение различных углов наклона частей пластины на линии присоединения выходного патрубка к диффузору, т.е. положить $l_0 = 0$ (рис. 7, а). Следует отметить, что вышесказанное имеет место в зоне номинальных режимов работы радиального вентилятора и при угле раскрытия несимметричного диффузора $\alpha_0 \leq 14^\circ$.

При проведении экспериментальных исследований выполнялся анализ влияния на аэродинамические характеристики вентиляторной установки следующих геометрических параметров составной выравнивающей пластины (рис. 7, б):

α_1 – угол наклона участка выравнивающей пластины к нормали поперечного сечения в зоне выходного патрубка вентилятора;

α_2 – угол наклона участка выравнивающей пластины к нормальной оси поперечного выходного патрубка в зоне несимметричного диффузора;

безразмерная глубина вхождения передней части пластины в выходной патрубок:

$$\bar{h}_1 = h_1/b_0, \quad (1)$$

где h_1 – глубина вхождения передней (по отношению к воздушному потоку) части пластины в выходной патрубок радиального вентилятора; b_0 – размер стороны выходного патрубка, поперек которого устанавливается пластина;

безразмерное расстояние от прямой стенки несимметричного диффузора:

$$\bar{h}_2 = h_2/b_0, \quad (2)$$

где h_2 – расстояние от прямой стенки несимметричного диффузора до точки изгиба составных частей выравнивающей пластины;

безразмерная суммарная длина пластины:

$$\bar{b} = b/b_0, \quad (3)$$

где b – суммарная длина наклонных частей составной выравнивающей пластины.

Экспериментальные исследования показали, что оптимальные геометрические параметры размещения выравнивающей пластины в несимметричном диффузоре, при которых наблюдается максимальное повышение производительности центробежного вентилятора, зависят от режима его работы, поскольку режим работы существенно влияет на кинематику и структуру потока в конструктивных элементах вентиляторной установки.

Для зоны номинальных режимов работы вентилятора и безразмерной суммарной длины наклонных частей пластины $\bar{b} = 0,6...1$ оптимальными следует считать следующие диапазоны линейных размеров:

$$\bar{h}_1 = 0,25...0,35; \bar{h}_2 = 0,2...0,3, \quad (4)$$

которые обеспечивают относительное повышение расхода центробежного вентилятора не менее 8%.

Повышение производительности в большей степени достигается для более узкого диапазона линейных размеров:

$$\bar{h}_1 = 0,25...0,3; \bar{h}_2 = 0,25...0,3, \quad (5)$$

в котором для зоны максимального КПД вентилятора относительное повышение расхода составляет 10...12%.

Результаты проведенных исследований показали, что в зоне максимального улучшения аэродинамических характеристик вентиляторной установки соответствуют следующие углы наклона составных частей выравнивающей пластины:

$$\alpha_1 \approx \alpha_0/4; \alpha_2 \approx \alpha_0/2. \quad (6)$$

Выводы. Таким образом, в работе рассмотрен вопрос улучшения аэродинамических характеристик вентиляторных установок за счёт

совершенствования конструктивных элементов присоединения радиальных вентиляторов к вентиляционной системе. Отмечено, что особенностью диффузора, размещенного непосредственно после нагнетательного патрубка вентилятора, является формирование неравномерной и несимметричной скоростей в начальном его сечении, что обуславливает увеличение потерь давления.

Для эффективной работы вентилятора в системе нагнетания за выходным патрубком вентилятора следует размещать хорошо спроектированный диффузор, при этом существенно уменьшается динамическое давление вентилятора и уменьшается суммарное сопротивление системы. Рассмотрены рекомендации по повышению эффективности диффузоров.

В модуле Flow Simulation программного комплекса SOLIDWORKS проведено численное моделирование турбулентного потока в конструктивных элементах, связывающих выходной патрубок и воздуховод, на основании чего рекомендовано выравнивающую пластину при её установке в несимметричном диффузоре выполнить составной с разными углами наклона её частей. Улучшение аэродинамических характеристик вентиляторной установки при использовании составной выравнивающей пластины в несимметричном диффузоре подтверждено экспериментально. На основании экспериментальных характеристик вентиляторной установки даны рекомендации по выбору геометрических параметров размещения выравнивающей пластины в диффузоре, обеспечивающих максимальное повышение производительности радиального вентилятора.

Использование вентиляторных установок с улучшенными аэродинамическими характеристиками позволяет повысить энергетическую эффективность вентиляционных систем и снизить их эксплуатационные затраты.

Литература

1. Системы вентиляции: моделирование, оптимизация / Я.А. Гусенцова, К.Н. Андрийчук, А.А. Коваленко [и др.]. – Луганск: ВГУ им. В. Даля, 2005. – 206 с.
2. Системы вентиляции и кондиционирования. Теория и практика / В.А. Ананьев, Л.Н. Балуева, А.Д. Гальперин [и др.]. – Москва: Евроклимат, 2003. – 416 с.
3. Соколов, В.І. Гідравліка / В.І. Соколов, О.С. Кроль, О.В. Єпіфанова. – Северодонецк: ЧНУ ім. В. Даля, 2017. – 160 с.
4. Sokolov, V. Diffusion of circular source in the channels of ventilation systems / V. Sokolov // *Advances in engineering research and application*. ICERA 2018. Lecture notes in networks and systems. – Cham: Springer, 2019. – Vol. 63. – P. 278-283.
5. Беккер, А.М. Системы вентиляции / А.М. Беккер. – Москва: Техносфера, Евроклимат, 2005. – 232 с.
6. Соколов, В.І. Дифузійні процеси в системах вентиляції / В.І. Соколов, О.С. Кроль, О.В. Єпіфанова. – Северодонецк: ЧНУ ім. В. Даля, 2018. – 148 с.
7. Sokolov, V. Increased measurement accuracy of average velocity for turbulent flows in channels of ventilation systems / V. Sokolov // *Proceedings of the 6th international conference on industrial engineering*. ICIE 2020. Lecture notes in mechanical engineering. – Cham: Springer, 2021. – Vol. 2. – P. 1182-1190.
8. Sokolov, V. Criteria Analysis of Diffusion Processes in Channels of Industrial Ventilation Systems / V. Sokolov // *Proceedings of the 7th international conference on industrial engineering*. ICIE 2021. Lecture notes in mechanical engineering. – Cham: Springer, 2022. – Vol. 2. – P. 725-731.
9. Свистунов В.М. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха объектов агропромышленного комплекса и жилищно-коммунального хозяйства / В.М. Свистунов, Н.К. Пушняков. – Санкт-Петербург: Политехника, 2007. – 423 с.
10. Sokolov, V. Design Calculation of Automatic Rotary Motion Electrohydraulic Drive for Technological Equipment / V. Sokolov, O. Porkuan, O. Krol, O. Stepanova // *Advances in Design, Simulation and Manufacturing IV*. DSMIE 2021. Lecture Notes in Mechanical Engineering. – Cham: Springer, 2021. – Vol. – P. 133-142.
11. Sokolov, V. Increasing Efficiency of Ventilation Systems with Vortex Regulation Devices / V. Sokolov // *Proceedings of the 8th International Conference on Industrial Engineering*. ICIE 2022. Lecture Notes in Mechanical Engineering. – Cham: Springer, 2023. – P. 1012-1022.
12. SolidWorks. Компьютерное моделирование в современной практике / А.А. Алямовский, А.А. Собачкин, Е.В. Одинцов [и др.]. – Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2005. – 800 с.
13. Каменев, П.Н. Вентиляция. Учебное пособие / П.Н. Каменев, Е.И. Тертичник. – Москва: АСВ, 2008. – 624 с.
14. Sokolov, V. Hydrodynamics of Flow in a Flat Slot with Boundary Change of Viscosity / V. Sokolov // *Proceedings of the 6th International Conference on Industrial Engineering* (ICIE 2020). Lecture Notes in Mechanical Engineering. – Cham: Springer, 2021. – Vol. 2. – P. 1172-1181.
15. Sokolov, V. Transfer functions for shearing stress in nonstationary fluid friction / V. Sokolov // *Proceedings of the 5th International Conference on Industrial Engineering* (ICIE 2019). ICIE 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering. – Cham: Springer, 2020. – Vol. 1. – P. 707-715.
16. Идельчик, И.Е. Исследование коротких диффузоров с разделительными стенками. / И.Е. Идельчик // *Теплоэнергетика*. – 1958. – №8. – С. 21-26.
17. Идельчик, И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / И.Е. Идельчик. – Москва: Машиностроение, 1975. – 554 с.
18. Временные методические рекомендации по проектированию входных и выходных элементов вентиляторных установок. – Москва: ЦНИИПромзданий, 1976. – 25 с.
19. Sokolov, V. Measurement of Impurity Concentration in Turbulent Flows of Ventilation Systems Channels / V. Sokolov, O. Krol // *Journal of Physics: Conference Series*. – 2021. – Vol. 2096. – 012102.
20. Франкфурт М.О. Экспериментальное исследование диффузоров с щелевым отсасыванием воздуха из пограничного слоя / М.О. Франкфурт // *Промышленная аэродинамика*. – М.: Машиностроение, 1973. – Вып. 30. – С. 41-49.

Chernikova I.D., Salykvadze G.V., Sokolov V.I.
PERFECTING STRUCTURAL ELEMENTS OF
VENTILATION SYSTEMS FOR IMPROVING
AERODYNAMIC CHARACTERISTICS OF
VENTILATOR UNITS

The paper considers the issue of improving the aerodynamic characteristics of ventilator units by perfection of the structural elements for connecting radial ventilators to ventilation system. It is noted that the peculiarity of the diffuser, placed directly after the ventilator outlet pipe, is the formation of non-uniform and asymmetric velocity field in its inlet section, which causes an increase in pressure losses. Recommendations for increasing the efficiency of diffusers are considered. In the Flow Simulation module of the SOLIDWORKS software package, numerical simulation of the turbulent flow in the construction elements connecting outlet pipe and air duct was carried out, on the basis of which it is recommended that the leveling plate be made compound with different angles of inclination of its parts, when installed in the asymmetric diffuser. The improvement of the aerodynamic characteristics of ventilator unit when using the compound leveling plate in asymmetric diffuser has been experimentally confirmed. Based on experimental studies of the aerodynamic characteristics of ventilator unit, recommendations are given for choosing the geometric parameters for placing the leveling plate in the diffuser, which ensure the maximum increase in the radial ventilator capacity. The use of ventilator units with improved aerodynamic characteristics makes it possible to increase the energy efficiency of ventilation systems and reduce their operating costs.

Key words: ventilation system, radial ventilator, diffuser, leveling plate, ventilator capacity.

Черникова Ирина Демьяновна, старший преподаватель кафедры вентиляции, теплогазо- и водоснабжения института строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства ФБГОУ ВО

«Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

E-mail: chernikova_i_d@mail.ru

Салуквадзе Георгий Владимирович, аспирант кафедры вентиляции, теплогазо- и водоснабжения института строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства ФБГОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

E-mail: georgysalukvadze@yandex.com

Соколов Владимир Ильич, д.т.н., профессор кафедры вентиляции, теплогазо- и водоснабжения института строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства ФБГОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

E-mail: sokolov.lgu@mail.ru

Chernikova Irina Demyanovna, Senior Lecturer of Ventilation, Heat, Gas and Water Supply Department of Construction, Architecture and Housing and Communal Services Institute of Vladimir Dahl Lugansk State University.

Salykvadze Georgi Vladimirovich, graduate student of Ventilation, Heat, Gas and Water Supply Department of Construction, Architecture and Housing and Communal Services Institute of «LSU named after V. Dahl».

Sokolov Vladimir Illich, DSc (Eng), Professor of Ventilation, Heat, Gas and Water Supply Department of Construction, Architecture and Housing and Communal Services Institute of «LSU named after V. Dahl»

Рецензент: Андрийчук Николай Данилович, д.т.н., профессор, директор института строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства Луганского государственного университета имени Владимира Даля.

Статья подана 07.11.2023

УДК 621.31

НАПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ РЕГИОНАЛЬНЫХ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ

Черных А. В.

DIRECTIONS OF ENERGY TECHNOLOGICAL PROCESSING OF REGIONAL COMBUSTIBLE MINERALS

Chernykh A. V.

Рассмотрены перспективные направления получения товарного продукта из твердых горючих ископаемых и проведен анализ современных способов энерготехнологической переработки углей. Рассмотрены основные особенности протекания процессов газификации твердого топлива. Показана целесообразность использования газификации с целью расширения парка энергоносителей для региона Донбасса

Ключевые слова: региональные энергоресурсы, Донбасс, уголь, пиролиз, гидрогенизация, газификация, газификатор, кипящий слой, товарный продукт, синтез-газ.

Введение. Использование региональных видов топлива является одной из концепций энергетической безопасности любого государства, базирующейся на основах диверсификации первичных источников энергии. В качестве региональных горючих ископаемых чаще всего выделяют каменные и бурые угли, торф, горючие сланцы, нефть, природный газ, газоконденсат [1, 2, 3].

Изложение основного материала. В Донбассе в качестве региональных горючих ископаемых рационально рассматривать каменные угли. На сегодняшний день в регионе суммарные запасы угля до глубины 2000 м оцениваются в 140,8 млрд тонн, из них отвечающих требованиям по мощности пластов и зольности 108,5 млрд тонн. В угленосных слоях располагается до 300 пластов мощностью от 0,6 до 1,2 м, иногда толщина пласта может составлять 2,5 м. Пласты и прослои угля располагаются в среднем на расстоянии 20 – 40 м друг от друга.

В настоящее время в мировой практике накоплен значительный опыт переработки каменных и бурых углей в различные товарные продукты, используемые как в виде исходного сырья в различных отраслях промышленности, так и в виде моторного или энергетического топлива (рис.1).

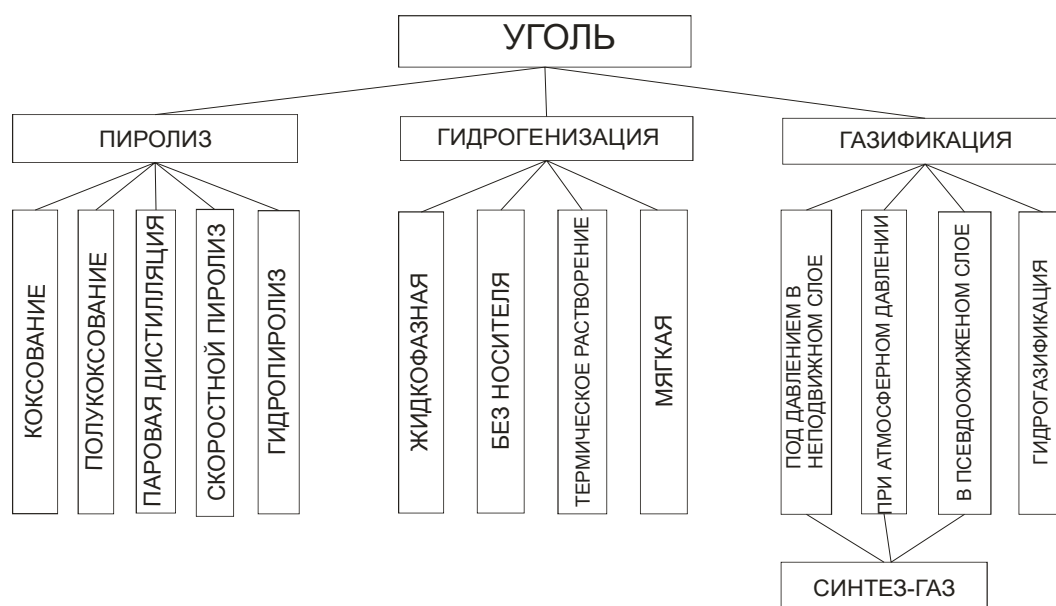


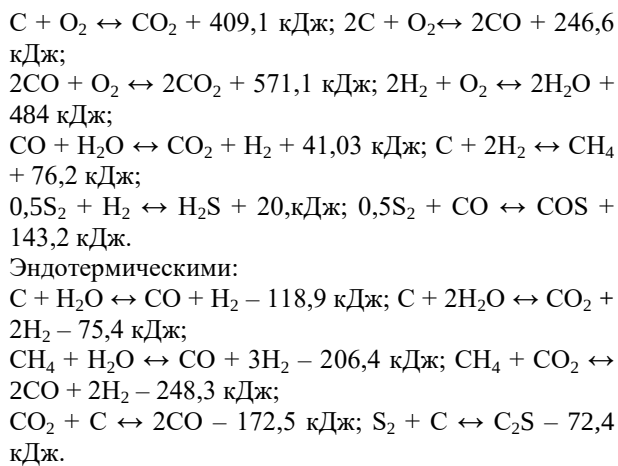
Рис.1. Современные направления переработки угля

Проведенный сравнительный анализ направлений переработки показал, что для Донбасса наиболее оптимальным является энерготехнологическая переработка каменного угля методом газификации, как имеющим относительно низкие капитальные затраты, так и сравнительную простоту осуществления технологического цикла по сравнению с пиролизом и гидрогенизацией. В результате данного процесса получается товарный газообразный продукт, представляющий собой смесь водорода и оксида углерода [1].

В качестве окислителя в процессе газификации используется как свободный кислород (в том числе кислород воздуха), так и связанный кислород в виде диоксида углерода или водяного пара. В реальных условиях часть углерода, находящегося в первичном топливе (угле), может окисляться до CO_2 , уменьшая эффективность газификации. Кроме того, присутствующие в горючей массе угля азот и сера при газификации также претерпевают ряд изменений, образуя в основном аммиак, сероводород, некоторое количество сероорганических соединений и т. п., что также отрицательно влияет на протекание процесса газификации.

Процесс газификации углеродсодержащих твердых горючих ископаемых достаточно сложен и зависит от значительного числа факторов, однако в общем случае может быть описан двумя основными блоками химических реакций:

Экзотермическими:

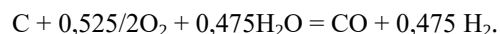


При чисто кислородной газификации исходная химическая энергия угля (393,7 кДж/моль С при сжигании углерода до CO_2) распределится следующим образом: 109,4 кДж/моль С выделится в процессе газификации в виде физического тепла продуктов газификации, 284,3 кДж/моль С останется в виде химической энергии образовавшегося оксида углерода.

При газификации с избытком CO в качестве окислителя необходимо извне подвести 172,5 кДж/моль С тепла (аллотермический процесс), результирующий газ (2 моля CO) будет иметь

химическую энергию 568 кДж/моль С. В качестве внешнего источника тепла в этом случае может быть использовано дополнительное количество сжигаемого угля.

Наиболее предпочтительна газификация смесью кислорода и H_2O (водяного пара), подобрав их соотношение с исходным топливом таким образом, чтобы реакция сместилась в автотермическую область:



Однако на практике получить автотермическую реакцию практически невозможно, поскольку реакции газификации осуществляются при относительно высоких температурах, и тем самым некоторое количество химической энергии остается в виде физического тепла продуктов газификации, имеют место и потери тепла через элементы конструкции камер газификации. Кроме того, представляет значительную сложность поддержание заданных количеств окислителя и горючей части при поступлении их в зоны газификации. Для нивелирования данных отрицательных эффектов, как правило, увеличивают долю экзотермических реакций против той, которая получена при идеализированном рассмотрении, что достигается введением дополнительного горючего.

В мировой практике в качестве базовых применяются три способа газификации твердых топлив.

Газификация крупнозернистого топлива в плотном слое (метод Lurgi), осуществляемом при повышенном давлении. Увеличение давления позволяет значительно повысить калорийность получаемого газа за счет протекания реакций образования метана [2]. Однако данный способ имеет жесткие ограничения по размерам частиц; наряду с газификацией происходит термическое разложение топлива с образованием продуктов полукоксования; низкая степень разложения водяного пара в технологическом процессе, повышенные требования к технологическому оборудованию высокого давления [3].

Топочная газификация пылевидного топлива при кислородном дутье (метод Koppers-Totzek) предполагает самоподдержку горения в средах с повышенным содержанием кислорода, протекающем при температурах 1500-1700 °С. Благодаря этому достигается высокая степень превращения углерода, появляется возможность переработки практически любых топлив независимо от их спекаемости. Основными недостатками данного метода являются необходимость специального оборудования для тонкого размолла топлива и более высокий расход кислорода [4].

Газификация мелкозернистого топлива в кипящем (псевдоожиженном) слое (метод Winkler). В данном методе возможно осуществлять непрерывную подачу топлива и интенсивное

перемешивание, обеспечивающее изотермический режим в реакционной зоне. Однако данный метод имеет и ряд недостатков: большой унос с газом непрореагировавшего топлива; пониженные температуры в зоне реакции, лимитируемые выводом золы в сухом виде.

Выводы. Сравнительный анализ приведенных способов энерготехнологической переработки региональных горючих ископаемых позволяет сделать вывод, что для региона Донбасса рациональным является способ газификации угля в псевдоожиженном слое методом Winkler, как имеющий достаточно простой технологический процесс и не требующий значительных капитальных затрат в сравнении с другими методами. Получаемый синтез-газ можно использовать в качестве моторного или энергетического топлива, транспортировать потребителю. Необходимость охлаждения полученного газа открывает возможности в получении дополнительной тепловой энергии, которую при необходимости можно преобразовать в механическую в дополнительных паросиловых циклах.

Кроме того, такой метод газификации позволяет использовать в качестве «пилотного» топлива водоугольное топливо, газифицировать «тощие» угли и отходы углеобогащения. В качестве парового дутья использовать без значительной предварительной подготовки сточные и шахтные воды, что в свою очередь снизит экологическую нагрузку на регион.

Л и т е р а т у р а

1. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года // Прил. к обществ.-дел. журн. Энергетическая политика – М.: ГУ ИЭС, 2010. 184 с.
2. Бекаев Л.С., Марченко О.В., Пинегин С.П. и др. Мировая энергетика и переход к устойчивому развитию / Л.С. Бекаев, О.В. Марченко, С.П. Пинегин // Новосибирск: Наука, 2000. – 300 с.

3. Белодед В. Д., Тарасенко П. В. Газификация – перспективный путь использования энергии твердого топлива // Энерготехнология и ресурсосбережение 2011 № 3 С. 16-21.

4. Шиллинг Г.Д., Бонн Б., Краус У. Газификация угля / Г.Д.Шиллинг, Б. Бонн, У. Краус // Пер. с нем. и ред. С.Р. Исламова – М: Недра, 1986. – 175 с.

5. Тереньтьев Т.А., Тюков В.М., Смаль Ф.В. Моторное топливо из альтернативных сырьевых ресурсов / Т.А. Тереньтьев, В.М. Тюков, Ф.В. Смаль // М.: Химия, 1989. 271с.

Chernykh A.V.

DIRECTIONS OF ENERGY TECHNOLOGICAL PROCESSING OF REGIONAL COMBUSTIBLE MINERALS

Promising directions for obtaining a commercial product from solid combustible minerals are considered and an analysis of modern methods of energy-technological processing of coal is carried out. The main features of the solid fuel gasification processes are considered. The expediency of using gasification in order to expand the energy supply park for the Donbass region is shown.

Keywords: regional energy resources, Donbass, coal, pyrolysis, hydrogenation, gasification, gasifier, fluidized bed, commercial product, synthesis gas.

Черных Андрей Викторович, доцент кафедры экологии института технологий и инженерной механики ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

E-mail: flaps2000@yandex.ru

Chernykh Andrey Viktorovich, Associate Professor of the Department of Ecology at the Institute of Technology and Engineering Mechanics of «LSU named after V. Dahl».

Рецензент: Андрийчук Николай Данилович, доктор технических наук, профессор, директор института строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

Статья подана 07.11.2023

УДК 321.436

ОСОБЕННОСТИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ВОДОУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА НА ОСНОВЕ УГЛЕЙ ДОНБАССА

Шворникова А. М.

FEATURES OF WATER- COAL FUEL PREPARATION BASED ON DONBASS COALS

Shvornikova A. M.

В статье приведены теоретические сведения о технологии водоугольного топлива, способах его получения и использования. Представлены результаты лабораторных исследований по приготовлению водоугольного топлива методами сухого и мокрого помола, представлены графики распределения частиц и суммарного выхода классов угля. Выполнен анализ возможности использования химических добавок различного происхождения для получения седиментационно и реологически стабильного водоугольного топлива. Описан процесс исследования седиментационной стабильности водоугольного топлива путем наблюдения за временем расслоения.

Ключевые слова: водоугольное топливо, помол, гранулометрический состав, пластификатор, седиментация, реология.

Введение. Водоугольное топливо (ВУТ) – это высококонцентрированная суспензия, которая представляет собой механическую смесь тонкоизмельченного угля с водой и незначительным количеством химических добавок (0,05...0,5%). ВУТ возможно транспортировать по трубопроводам с минимальными затратами энергии, а также сжигать в топках котлов без какой-либо предварительной обработки. Состав топлива может быть выполнен с учетом требований потребителя. В процессе производства из него удаляются лишние минеральные, в том числе соледержащие, компоненты и вводятся химические добавки-пластификаторы, десульфуризаторы, денитрификаторы, ингибиторы коррозии и т.д., что обеспечит стабильность работы топливопотребляющих агрегатов и снизит стоимость тепловой энергии.

В связи с отсутствием в естественных условиях сырья с необходимыми характеристиками, **целью статьи** является изучение технологии создания композиций ВУТ, обладающих приемлемыми теплотехническими параметрами и удовлетворяющих требованиям при гидротранспортировании.

Изученные данные [1 – 4] говорят о том, что поставленным условиям удовлетворяют

водоугольные суспензии (ВУС), приготовленные для транспортирования по трубопроводам и последующего прямого сжигания в топках котлов вместо угля сухого измельчения или мазута. Эти ВУС содержат не менее 63% угля с зольностью до 12% при размерах частиц, не превышающих 250 мкм. Эффективная вязкость суспензий должна быть такой, чтобы потери напора на прямом участке трубы диаметром 530 мм не превышали 0,1 МПа/км в течение всего времени транспортирования. Первые два требования определены условиями сжигания угля, третье – условиями транспортировки суспензии по трубопроводу на большие расстояния. В горелки электростанций можно подавать суспензии с большей эффективной вязкостью, чем предусмотрено условиями транспортирования по трубопроводу.

Главной теплотехнической характеристикой ВУТ, определяющей его энергетический потенциал, является теплота сгорания – количество тепловой энергии, которая может выделяться в процессе химических реакций полного окисления горючих компонентов топлива с газообразным кислородом. Тепловая энергия, которая выделяется вследствие полного сгорания топлива может быть больше на количество теплоты конденсации или меньше на такую же величину в зависимости от того в конденсированном или газообразном состоянии находится влага продукта сгорания. Влажность топлива и его минеральные компоненты, характеризующиеся зольностью, снижают теплоту сгорания. На энергетический потенциал топлива влажность влияет в большей степени, чем зольность. Поэтому при приготовлении топлива стремятся достичь максимальной концентрации твердого компонента.

Для использования в топках котлоагрегатов наиболее приемлемыми являются ВУС с максимально возможной компактной упаковкой и наибольшей концентрацией угольных частиц в суспензии при приемлемой для транспортирования в системах подачи в топку и прохождения через форсунки вязкости.

ВУТ должно быть стабильным, то есть не должно расслаиваться в процессе хранения и транспортирования в течение необходимого по требованиям эксплуатации времени.

ВУТ обеспечивает работу котлов в расчетных режимах даже при изменении качества угля. Технологии производства, хранения, транспортирования и использования ВУТ относительно просты и могут быть полностью автоматизированы. Кроме того, они полностью безотходно и экологически чисто позволяют организовывать их размещение на любой территории страны.

Результаты исследований. В качестве основных положений при проведении исследований приготовления водоугольного топлива были приняты следующие:

- водоугольное топливо с концентрацией не менее 63% можно получить в случае, если гранулометрический состав твердой компоненты будет приближен к грансоставу, обеспечивающему максимальную упаковку частиц;

- в ВУС должна быть введена химическая добавка, одна из составляющих которой предотвращает образование флоккул, а другая – расслаивание суспензии.

Гранулометрический состав угля, обеспечивающий максимальную возможную упаковку частиц в единице объема, получить расчетным путем не составляет труда, однако приготовить практически невозможно.

Анализ гранулометрического состава, полученного расчетным путем с использованием формулы Альфреда и ряда составов, предложенных зарубежными исследователями [5-7], показал, что все они в той или иной степени приближаются к составу максимальной упаковки и характеризуются одним общим свойством – бимодальностью.

Такой гранулометрический состав, содержащий крупные и мелкие классы при частичном или полном отсутствии средних, может быть получен в лабораторных условиях путем отсева фаз и отсева средних классов или – смешением продуктов размола различных измельчающих устройств.

Основной объем исследований по разработке технических решений для приготовления водоугольного топлива и их экспериментальная проверка проводятся в лабораторных условиях. При этом ставятся следующие задачи:

- установить режим работы мельницы, при котором крупность измельченного продукта не превысит 0,2 мм;

- установить параметры и режим работы измельчающих устройств, обеспечивающих гранулометрический состав измельченного продукта, который в наибольшей степени приближается к максимальной упаковке;

- получить водоугольное топливо повышенной концентрации с удовлетворительными реологическими характеристиками, стабильными во времени в статических и динамических условиях.

Основными параметрами, определяющими качество измельченного продукта в измельчающих устройствах разного типа, являются: качество и количество подлежащего измельчению материала; режим работы шаровых мельниц, обусловленный скоростью их вращения и характеризующийся коэффициентом относительной скорости; коэффициент заполнения мельницы шарами; гранулометрический состав мелющих тел; время измельчения (для мельниц периодического действия); вид измельчения (мокрое, сухое); разные добавки (при мокром измельчении).

Контроль качества измельченного продукта оценивается по его гранулометрическому составу, определяемому путем мокрого отсева на стандартных ситах и методом седиментационного анализа. В отдельных случаях определялась внешняя поверхность измельченного продукта по методу Товарова.

На рис. 1 и 2 приведены гранулометрические составы продуктов сухого и мокрого измельчения в шаровой мельнице при загрузке в нее рядового (0 – 25 мм) и дробленого до крупности 0 – 3 мм угля. Как видно из приведенных графиков, в том и другом случае гранулометрические составы довольно существенно отличаются как по общей крупности, так и по распределению крупных и мелких классов.

Аналогичная картина наблюдается при изменении времени измельчения.

Для получения продукта сверхтонкого помола, необходимого для приготовления угольной смеси заданного гранулометрического состава, измельченный в шаровой мельнице уголь подвергается дополнительному измельчению в виброситрателе 75Т-ДРМ от 3 до 10 минут.

Гранулометрический состав мелющих тел оказывает существенное влияние на распределение по классам частиц в измельченном продукте, особенно заметно соотношение мелких и крупных фракций. Повышенное содержание шаров малого диаметра увеличивает выход мелких классов в измельченном угле, и наоборот.

Менее существенное влияние на гранулометрический состав конечного продукта измельчения оказывает массовая концентрация исходной гидросмеси при изменении ее в пределах 2 – 4%. Гораздо большее значение в этом плане имеет повторный пропуск через шаровую мельницу измельченного продукта.

Смесь измельченного угля требуемого гранулометрического состава можно также получить, используя уголь, измельченный до крупности 0 – 3 мм.

Используя разные варианты измельчения и смешивания измельченных продуктов в разных соотношениях, можно получить уголь гранулометрического состава, который в смеси с водой и химическими добавками образует водоугольное топливо с нужной концентрацией твердого компонента, удовлетворительными реологическими и энергетическими параметрами.

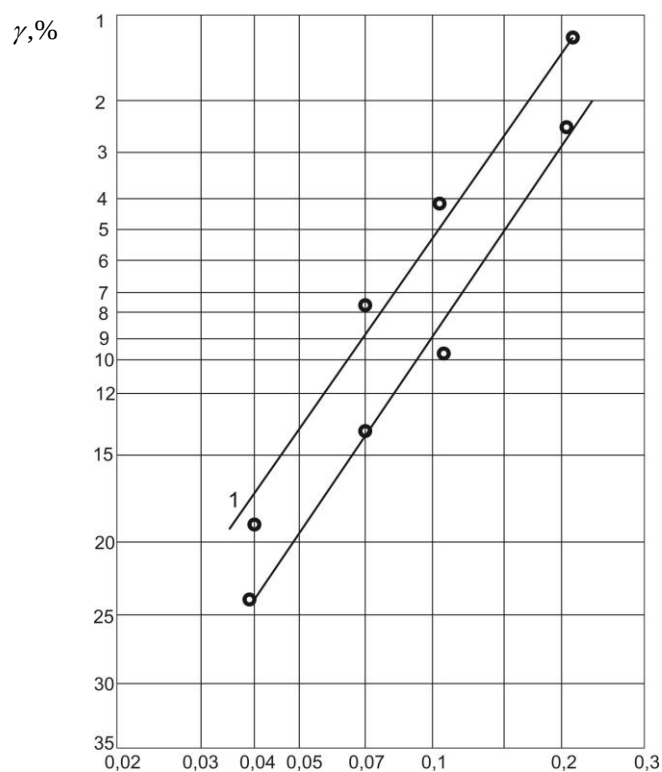


Рис. 1. Гранулометрический состав угля после сухого измельчения в мельнице МЛ-71
1 – рядовой уголь; 2 – уголь 0 – 3 мм

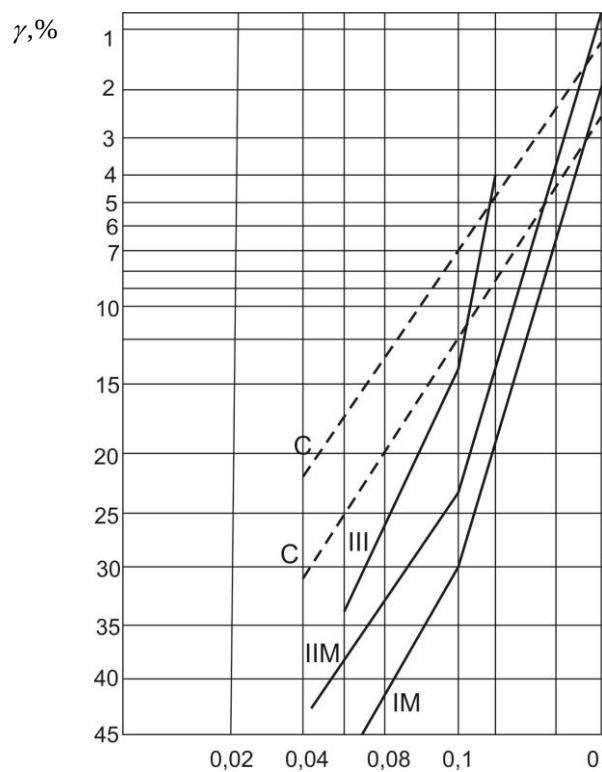


Рис. 2. Гранулометрический состав угля после мокрого измельчения в шаровой мельнице с поворотной осью
I – рядовой уголь; II – уголь измельченный 0,3 мм; III – уголь измельченный 0,3 мм; C – сухое измельчение; M – мокрое измельчение

На реологические свойства водоугольного топлива большое влияние оказывают химические добавки, используемые при приготовлении ВУТ. Химические добавки (пластификаторы) вводят в суспензию с целью повышения коагуляционной устойчивости (для предотвращения загустевания), увеличения текучести (повышение массовой концентрации угля в топливе) и придания седиментационной стабильности.

Как пластификаторы исследовались следующие вещества:

«Дофен» – отход фенольного производства, массовая доля сухих веществ – 42%, расход на сухую массу угля – 1%;

«НФУ» – продукт конденсации формальдегида с нафталином (отход нафталинового производства), массовая доля сухих веществ – 40%, расход на сухую массу угля – 1%;

«ВЛР» (углелужный реагент) – продукт выщелачивания бурых углей NaOH, массовая доля сухих веществ – 100%, расход на сухую массу угля – 1%;

Лигносulfонаты натриевые и аммонийные – модифицированные отходы целлюлозно-бумажного производства, массовая доля сухих веществ – 47 – 50%, молекулярная масса 2000 – 100000, расход на сухую массу угля – 0,5% каждого соответственно;

Гумат Na – модифицированные гуминированные кислоты, массовая доля сухих веществ 4,4% и 12,6%, расход на сухую массу угля – 1%.

Натриевая соль каприловой кислоты, массовая доля сухих веществ – 100%, расход на сухую массу угля в ВВП – 1%.

Водоугольные взвеси готовились из угля марок «Г» и «Д» зольностью 16,5%.

Тестируемые добавки вводились в дисперсионную среду (воду), после чего ВУТ готовился мокрым способом в шаровой мельнице типа МЛ-40. Массовая концентрация угля в ВУТ составила 64%. Реологические характеристики водоугольных взвесей изучались с помощью ротационного вискозиметра типа "Реотест-2" в интервале измерения градиента скорости сдвига от 1,0 до 437,4 с⁻¹.

Результаты проведенных исследований показали, что для приготовления ВУТ можно использовать химические добавки – «Дофен», «НФУ», лигносulfонаты, гуматы Na (12,6%), применение которых позволяет получить топливо с концентрацией твердого компонента С=64% и вязкостью при $\tau = 9$ с⁻¹ до $\pm 1,2$ Па·с.

Критерием оценки потребительских свойств водоугольного топлива при хранении является его статическая стабильность (агрегативная устойчивость), которая может оцениваться визуально по наличию или отсутствию осадка в нижней части столба водоугольного топлива. По его качеству (он может быть вязким, плотным, рыхлым, тяжелым или легкоразмешиваемым), а также по

образующемуся слою осветленной воды в верхней части столба ВУТ.

Визуальный метод оценки статической стабильности дает качественную картину, но не позволяет ее количественно выразить.

Известно несколько способов определения агрегативной стойкости водоугольного топлива. Все они основаны на определении массовой концентрации ВВП в разных слоях его столба, но отличаются приборным исполнением.

Все водоугольные суспензии оценивались на седиментационную стабильность и реологическую устойчивость. Сразу после приготовления отбирались пробы на стабильность, которые содержались в пластиковых сосудах, в которых они выдерживались в статике заданное время (1, 3, 5, 7, 10, 15 суток), после чего анализировались визуально на седиментационную стойкость и в вискозиметре на реологическую стабильность.

В результате проведенных исследований было установлено общее свойство для ВУТ – все суспензии агрегативно устойчивы, через 15 суток хранения визуально слой просветленной воды не наблюдался. В то время как реологической стабильностью обладают суспензии, приготовленные с химическими добавками «Дофен» и «НФУ». Водоугольное топливо, приготовленное с пластификаторами на основе гуминовых кислот, через 3 – 7 суток практически полностью теряет текучесть (вязкость увеличивается в 2 – 4 раза).

Последующие исследования следует проводить в плане модификации химических добавок на основе гуматов натрия с целью улучшения реологической стабильности ВУТ.

Выводы. Исходя из проведенных теоретических и экспериментальных исследований, можно сделать следующие выводы.

В результате выполнения работы установлено, что стабильность и седиментационная устойчивость водоугольного топлива определяется степенью насыщения его дисперсными частицами угля, видом химической добавки, соотношением компонентов ВУТ и их характеристиками.

В работе доказано, что наиболее приемлемым гранулометрическим распределением для обеспечения энергетических и реологических характеристик ВУТ является бимодальное распределение частиц твердого компонента, причем содержание промежуточной фракции должно быть минимальным, что будет способствовать его большей стабильности.

Лабораторные исследования процесса хранения водоугольного топлива, полученного на основе разных углей с использованием различных реагентов, позволили установить реальные сроки хранения ВУТ в зависимости от его состава, которые находятся в пределах 3 – 30 суток. При этом в разных конкретных случаях происходит приемлемое или неприемлемое изменение реологических параметров водоугольного топлива.

Л и т е р а т у р а

1. Морозов А.Г., Мосин С.И., Мурко В.И. ВУТ в теплоэнергетике // Энергия: экономика, техника, экология. – 2007. – №4.
2. Серант Ф.А., Цепенко А.И., Овчинников Ю.В., Луценко С.В., Карпов Е.Г. Приготовление водоугольного топлива и технологии его сжигания // Современная наука. – 2011. – №1 (6).
3. Водоугольное топливо. Анализ результатов исследования характеристик ВУТ, полученного на ОПУ ООО «Енисейский ЦБК» ОАО «Новосибирсктеплоэнергопроект» (на правах рукописи). – Новосибирск, 2004.
4. Карпов Е.В. Водоугольное топливо – технология будущего / Е.В. Карпов // Энергетика и промышленность России. – 2007. – №5(81).
5. Carniani E. Influence of mineral matter on CWF characteristics / E. Carniani, E. Donati, D. Ercolani, G. Gabrielli, E. Ferroni // 14th International Conference on Coal and Slurry Technology. – Clearwater, Florida, USA, 1993.
6. Ercolani D. Experience with coal water fuels. Production, transportation and utilization systems for multiple applications / Ercolani D. // IEA-CLM Workshop; Near Term Commercial Coal Liquid Mixture Applications Clearwater. – Florida, USA, 1993.
7. Maude A. D. Generalized Theory of Sedimentation / A. D. Maude, R. L. Whitmore // British Journal of Applied Physics. – 1958. – volume 9. – P. 477-480.

Shvornikova A.M.

FEATURES OF WATER- COAL FUEL PREPARATION BASED ON DONBAS COALS

The article provides theoretical information about the technology of coal-water fuel, methods of its production, transportation and use. The results of laboratory studies on the preparation of coal-water fuel in ball mills using dry and

wet grinding methods using grinding media of various diameters are presented. Graphs of particle distribution and total yield of coal classes are presented. It is indicated that the most optimal particle size distribution is a bimodal composition with a minimum content or absence of intermediate class particles. The maximum particle size should not exceed 250 microns, and the minimum is 10-40 microns.

An analysis was made of the possibility of using chemical additives of various origins to obtain sedimentation and rheologically stable coal-water fuel with optimal fluidity and energy characteristics. The process of studying the sedimentation stability of coal-water fuel by monitoring the separation time is described, and it is also indicated that there are special instruments for determining the aggregate stability of a suspension.

Key words: coal-water fuel, grinding, particle size distribution, plasticizer, sedimentation, rheology.

Шворникова Анна Михайловна, к.т.н., доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности и охрана труда» ФГБОУ ВО «Луганский государственный педагогический университет», г. Луганск.

E-mail: shvorni@mail.ru

Shvornikova Anna Mikhailovna, Ph.D., Associate Professor of the Department of Life Safety and Labor Protection «LSU named after V. Dahl»

Рецензент: Андрийчук Николай Данилович, доктор технических наук, профессор, директор Института строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 10.12.2023

УДК: 628.12

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИЛОВЫХ АГРЕГАТОВ ВОДОПРОВОДНЫХ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ

Шевцова Т. Е.

ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF POWER UNITS OF WATER PUMPING STATIONS

Shevtsova T. E.

При проектировании систем водоснабжения (разработке новых и расширении существующих) необходимо определить некоторый СНиП «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения» предписывает производить выбор типа насосов и количества рабочих агрегатов на насосных станциях водопотребления. Проведен анализ понятия энергетической эффективности в применении к силовым агрегатам насосных станций систем водоснабжения и водоотведения. Предложена система сравнения эффективности силовых агрегатов от производителей. Способ позволяет существенно упростить процесс оценки энергетической эффективности на стадии проектирования насосных станций систем водоснабжения.

Ключевые слова: энергетическая эффективность, система водоснабжения, водопроводная сеть, насосный агрегат, удельный расход энергии, частотное регулирование.

Введение. Системы подачи и распределения воды являются важнейшим элементом современных систем водоснабжения, которые обеспечивают транспортировку, распределение по территории снабжаемых объектов и доставку к местам отбора необходимого количества воды под требуемым напором в соответствии с нуждами потребителей. В этих системах объектов ЖКХ, промышленных, сельскохозяйственных и энергетических предприятий насосные станции (НС) являются наиболее ответственными элементами, представляющие собой сложный комплекс механического, гидравлического и энергетического оборудования, трубопроводов, арматуры, контрольно-измерительных приборов и средств автоматизации. Состав сооружений, агрегатов, их конструктивные особенности, тип и число основного и вспомогательного оборудования определяются исходя из принципов рационального использования источников воды, потребляемой энергии, а также минимизации стоимости строительства НС и ее эксплуатации с учётом назначения и предъявляемых к ней технологических требований.

Системы водоснабжения и водоотведения (СВВ) относятся к наиболее энергоемким объектам ЖКХ, основными потребителями электроэнергии являются НС. В этих системах в России на перекачку насосными агрегатами чистых и загрязненных вод ежегодно расходуется 120...130 млрд кВт-час электроэнергии. В структуре себестоимости на оказание услуг по водоснабжению и водоотведению затраты на электроэнергию могут достигать 50%, в том числе непродуктивные затраты до 20%. Важной составляющей затрат в структуре себестоимости являются потери воды при ее распределении и транспортировке потребителям, которые могут достигать не менее 30% от общих объемов. Повышенные напоры в сети создают дополнительные потери, что снижает энергетическую эффективность системы в целом. Силовые агрегаты НС являются основными структурными элементами, которые во многом задают эксплуатационные возможности и технический уровень системы водоснабжения в целом, а также существенно определяют энергетические и экономические показатели ее работы.

Насосные станции водоснабжения. Их назначение – увеличение давления подаваемой воды в тех случаях, когда её в существующей системе недостаточно.

Область применения. Насосные станции повышения давления используются:

- для водообеспечения многоквартирных домов, высотных зданий;
- в локальной водопроводной сети;
- в магистральных трубопроводах;
- при тушении пожаров;
- в гидравлических установках.

Преимущества станций. Повысительные насосные станции на базе 2 – 6 центробежных установок компактны и целиком автоматизированы. Они обладают следующими важными преимуществами:

- Экономичность: насосы автоматически настраиваются на оптимальный КПД при всех

режимах своей работы. Поэтому потребляют минимально возможное количество электроэнергии.



Рис. 1. Насосная станция

- Надёжность: работают в бесперебойном режиме, самостоятельно сменяя насосы — отключая неисправные и включая резервные, соблюдая также отладочные циклы.

- Экологичность: гидрооборудование имеет предельно малые шумовые характеристики.

- Долговечность: изготавливаются из материалов высокого качества. — Минимум эксплуатационных затрат: высокий уровень автоматизации. Все узлы износоустойчивы и потребляют минимальное количество расходных материалов.

Требования к рабочей среде. Насосная станция водоснабжения рассчитана на перекачку воды:

- бытового назначения – питьевой, холодной и горячей;
- для систем пожаротушения;
- для систем охлаждения;
- другого технического предназначения.

Недопустимо использовать для работы воду, содержащую следующие компоненты:

- длинноволоконистые;
- твёрдые, с абразивными свойствами;
- химически агрессивные по отношению к материалам изготовления узлов установки;
- подвергающие детали механическому износу.



Рис. 2. Гидротракт с манометрами

Конструкция насосных станций водоснабжения. Насосные станции повышения давления нашего производства поставляются заказчику прошедшими испытания в рабочем режиме, т.е. в готовом к эксплуатации виде.

Они имеют следующие базовые компоненты:

Фундаментная рама. Эта несущая конструкция является общей. Гасители колебаний с регулируемой высотой обеспечивают низкие шумовибрационные характеристики установки.

Трубная обвязка. Может подключаться к любым входным трубопроводам стандартной номенклатуры, предусмотренной для водопроводных систем зданий и сооружений. Обвязка общая выполнена из стали, обычной или нержавеющей. Диаметры труб соответствуют производительности установки. Для понижения уровня вибрации коллекторы можно доукомплектовать вибровставками.

Насосы. Комплекуются центробежными агрегатами в количестве от 2 до 6 единиц, включенных параллельно. Каждый насос легко монтируется и демонтируется благодаря шаровым латунным никелированным задвижкам или поворотному затвору и обратному клапану.

Напорный бак (мембранный). Снабжены гидроаккумулятором объёмом от 8 до 12 литров, размещённым в конце напорной трубы. Рабочее давление резервуара – 8 кг/см². Мембрана изготавливается из безопасного при контакте с питьевой водой бутила. Для контрольных операций предусмотрен шаровый кран из никелированной латуни.

Датчики реле давления. От работы «всухую» защищены датчиком на входном трубопроводе и превышения напора – датчиком на выходном. Текущие параметры контролируются манометрами на этих гидротрактах.

Станция управления. Этот компонент, благодаря которому насосные станции водоснабжения имеют высокий уровень автоматизации, выполняет следующие функции:

- обеспечения нужной производительности путём поддержки в рабочем режиме нужного количества насосов;
- контроля работоспособности путём их пробного пуска;
- равномерного использования насосов посредством учёта наработки каждого;
- обеспечения ночного, экономного, режима;
- защиту от нештатных и аварийных ситуаций.

Особенности работы. В зависимости от наличия или отсутствия преобразователя частоты насосные станции водоснабжения работают по принципу каскадного или каскадно-частотного регулирования соответственно.

С каскадным регулированием. Система управления осуществляет:

- включение резервного насоса при неисправности основного;

– подключение дополнительных при высокой нагрузке и их отключение при снижении нагрузки.

Выходное давление меняется ступенчато, так как агрегаты установок включаются на полную мощность и отключаются сразу.

С частотно-каскадным регулированием. Насосные станции повышения давления снабжены частотным преобразователем, позволяющим плавно изменять производительность основного насоса и более точно выдерживать заданное напорное давление. Гидравлические удары исключены абсолютно.



Рис. 3. Конструкция насосных станций водоснабжения

Рассмотрим, как выбрать насос с частотным преобразователем с оптимальными показателями, и узнаем его особенности.

Что собой представляет насос с частотным преобразователем, основной функционал оборудования.

Частотный преобразователь в насосе регулирует интенсивность работы агрегата, обеспечивает ее стабильность и автоматизирует управление. Он позволяет подстраивать частоту напряжения таким образом, чтобы увеличить эффективность, повысить экономичность и продлить срок службы оборудования.

Главная задача насоса с частотным преобразователем – обеспечение стабильного давления в системе водоснабжения. Важнейшей функцией агрегата является возможность точной регулировки.

Важнейшая функция современного насосного оборудования с частотным преобразователем – экономия электроэнергии. Вся информация о количестве потребленной и сэкономленной электроэнергии выводится на дисплей. На нем же отражены и все рабочие данные (количество циклов, объем перекачанной жидкости, количество рабочих часов и др.).

Основная масса насосов с частотниками не может похвастаться дополнительными возможностями, и их функционал исчерпывается регулировкой параметров давления и экономией

электричества. У более же совершенного оборудования есть и другие функции.

Универсальная настройка – оптимизация системы водоснабжения может понадобиться на любом этапе, как при оснащении нового водопровода на базе полимерных труб, так и при модернизации старого, с металлическими магистральями. Частотник одинаково эффективно работает как в «мягкой» (полимерной), так и в «жесткой» (металлической) системе. Плюс для взаимодействия с системой, в которую интегрирован гидроаккумулятор, у насоса специальная настройка (мягкая система).

Взаимодействие с фильтрационными системами – обычный частотник, установленный в водопровод с системой очистки, будет автоматически срабатывать при подаче воды на мембрану установки обратного осмоса. Это негативно скажется как на сроке службы, так и на акустическом комфорте домочадцев – мало приятного среди ночи вздрагивать от периодического включения станции. Инновационное же оборудование можно настроить так, чтобы количество включений было минимальным. Достаточно задать параметры перепада давления.

А что делать, если осмос устанавливается уже после монтажа и настройки насоса, как в этом случае избежать постоянных включений?

Возможность установки в магистральный водопровод в качестве повысителя давления – в современных централизованных системах водоснабжения с нестабильным давлением простейшие частотники малоэффективны. Из-за перепадов давления в системе насос долго адаптируется, неравномерно выходит на заданные характеристики и напор на выходе из насоса «плавает». Высокотехнологичный насос настраивается под параметры любой системы, что позволяет задать оптимальный режим работы, следуя инструкции.

Сложные условия эксплуатации – далеко не всегда параметры воды в частных системах соответствуют стандартам, зачастую количество твердых примесей превышает допустимые пределы. У простейших частотников с высокой скоростью вращения двигателя при перекачке воды с большим содержанием песка достаточно быстро «летит» гидравлика. В станции с полноценным частотником можно снизить максимальную частоту вращения и уберечь гидравлику от быстрого износа.

Установка оборудования, степени защиты, удаленное управление

Эффективность оборудования измеряется не только его возможностями, но и сложностью монтажа – чем проще и вариативнее установка, тем удобнее. Насосную станцию с расширенным функционалом можно интегрировать в работающую систему водоснабжения в любом положении.

Частотный преобразователь с расширенным функционалом в насосной станции – полноценная защита от блокировки, сухого хода, перепадов напряжения, утечек и др.; это оптимизация частной системы водоснабжения, повышение ее эффективности и экономичности.

Выводы: С ростом потребностей современных инженерных систем в высокотехнологичном оборудовании растет и ассортимент насосов с частотным преобразователем. Так как именно эти агрегаты наиболее удовлетворяют запросам частных систем водоснабжения по техническим, эксплуатационным и экономическим параметрам.

Для повышения эффективности работы насосных станций следует оптимизировать подбор марки и количества насосных агрегатов, своевременно выявлять причины высокого удельного водопотребления и проводить работы по его снижению. Прежде всего необходимо минимизировать потери воды во внутриквартальных сетях и снизить удельное водопотребление населением.

Литература

1. Сибгатуллина А.М. Насосы и насосные станции водоснабжения и водоотведения. // Водоснабжение и канализация. Издат.: Поволжский государственный технологический университет. – 2019 г. – 64 с.
2. Хроменков С.В. Задачи развития водной отрасли для обеспечения населения России чистой водой// Водоснабжение и санитарная техника. – 2011 № 5 – С. 15 - 22.
3. <https://docviewer.yandex.ru/view/1110250682>.
4. <https://pkf4.ru/nasosnye-stantsii/vodosnabzheniya?yclid>.
5. Федеральный закон от 23.11.2009 г. № 261 – ФЗ (с ред. от 13.07.2015 г.) «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
6. Башмаков И.А., Мышак А.Д. Российская система учета повышения энергоэффективности и экономии энергии// М.: ЦЭНЭФ, 2012. – 81 с.
7. Кирсанов А.А. Исследование работы внутриквартальных подкачивающих насосных станций / А.А.

Кирсанов, В.Н. Колчев, В.В. Шмиголь, М.Д. Черносивтов// Водоснабжение и санитарная техника. – 2011. – № 9. Ч.2. – С. 30-33.

Shevtsova T.E.

ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF POWER UNITS OF WATER PUMPING STATIONS

When designing water supply systems (developing new ones and expanding existing ones), it is necessary to define some SNIP "Water supply. Outdoor networks and structures" prescribes the selection of the type of pumps and the number of working units at pumping stations of water consumption. The analysis of the concept of energy efficiency in application to power units of pumping stations of water supply and sanitation systems is carried out. A system for comparing the efficiency of power units by specific indicators, including with their frequency regulation from manufacturers, is proposed. The method makes it possible to significantly simplify the process of evaluating energy efficiency at the design stage of pumping stations of water supply systems.

Key words: energy efficiency, water supply system, water supply network, pumping unit, specific energy consumption, frequency regulation.

Шевцова Татьяна Евгеньевна, ст. преподаватель кафедры вентиляции, теплого- и водоснабжения. Институт строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля». **E-mail:** kafedravtgv@yandex.com.

Shevtsova Tatiana Evgenievna, Art. Lecturer at the Department of Ventilation, Heat, Gas and Water Supply. Institute of Construction, Architecture and Housing and Communal Services of «LSU named after V. Dahl»

Рецензент: Андрийчук Николай Данилович, д.т.н., профессор кафедры вентиляции, теплого- и водоснабжения института строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 30.11.2023

ДРУГИЕ НАПРАВЛЕНИЯ НАУКИ

УДК 621.9

ИНСТРУМЕНТ И ОСОБЕННОСТИ НАКАТКИ ЗУБЬЕВ ТЯГОВЫХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Витренко В. А., Стоянов А. А., Титова Л. Н., Шманева Е. В.

INSTRUMENTS AND PECULIARITIES OF ROLLING STOCK TRACTION GEAR WHEELS TEETH KNURLING

Vitrenko V. A., Stoyanov A. A., Titova L. N., Shmanyova E. V.

В данной работе рассматривается накатка зубьев тяговых зубчатых колес подвижного состава. Определены причины несовершенства существующей технологии накатки зубьев тяговых зубчатых колес. Рассмотрены существующие схемы формообразования зубьев тяговых зубчатых колес, определены их недостатки. Предложено изменить схему формообразования тяговых зубчатых колес при помощи зубообрабатывающего инструмента, полученного в пространственном станочном зацеплении. Предложена технология изготовления накатников применяемых для накатки зубьев тяговых зубчатых колес как огибающих обрабатываемой детали в двухпараметрическом огибании.

Ключевые слова: накатник, тяговое зубчатое колесо, режимы накатки, инструмент, поверхностный слой, копирование, обкатка.

Введение. Элементы ходовой части и зубчатые колеса подвижного состава изготавливаются в основном, из легированной стали 45ХН, а ответственные детали, работающие в особо сложных условиях из высоколегированных сталей – 20ХН3А и 30ХН3АВ, при этом зубья зубчатых колес, согласно техпроцесса должны подвергаться или объемной закалке, или поверхностному термическому упрочнению, или упрочнению при помощи поверхностной пластической деформации.

Одним из наиболее прогрессивных методов производства заготовок тяговых зубчатых колес локомотивов является метод горячей прокатки на зубонакатных станках высокой точности. В этом случае происходит оптимальное расположение волокон металла, обеспечивающее самые высокие прочностные характеристики заготовки. Наиболее распространенными способами накатки зубьев является накатка между двумя зубчатыми колесами-инструментами, имеющими коническую приемную

часть. В этом случае заготовка и инструмент устанавливаются на размер, равный межосевому расстоянию. Инструмент вращается, а заготовка, кроме вращения движется прямолинейно вдоль своей оси. Небольшие по высоте зубчатые колеса накатываются по всей высоте при постепенном сближении инструмента и заготовки до величины заданного межосевого расстояния. Однако описанный способ изготовления зубчатых колес применяется для получения заготовок зубчатых колес малого и среднего модуля. Тяговые зубчатые колеса подвижного состава, как правило, нарезаются при помощи червячных фрез, а затем накатываются при помощи накатного инструмента.

В технологии изготовления тяговых зубчатых колес и шестерен более 60% трудоемкости их изготовления приходится на формообразование поверхностей зубьев и их упрочнение. После нарезания зубьев их боковые поверхности и впадины между зубьями накатываются при помощи накатников с целью упрочнения. В поверхностном слое упрочненного зубчатого колеса создаются сжимающие остаточные напряжения, снижающие величину растягивающих напряжений, что позволяет увеличить срок долговечности тягового зубчатого колеса.

Описанные выше способы накатки зубьев тяговых зубчатых колес не нашли широкого распространения в промышленности из-за дефектов на зубьях накатанных зубчатых колес. При такой схеме накатки накатанный зуб имеет не правильную геометрическую форму, вызванную несовершенством кинематики процесса. Скольжение на зубьях тяговых зубчатых колес отсутствует на начальных окружностях. С одной

стороны зуба такое скольжение направлено от начальной окружности к головке и ножке зуба, а с другой стороны, наоборот от головки и ножки зуба к начальной окружности. Такое положение приводит к искажению профиля зуба и образованию с одной стороны зуба бугра, а с другой стороны зуба впадины. Это приводит к тому, что накатанный зуб необходимо шлифовать при помощи дисковых

шлифовальных кругов, как показано на рис. 1. Время шлифования зубьев тяговых зубчатых колес для тепловоза 2Т116 составляет 3-4 смены, что приблизительно равно $T_m = 1920$ мин. В этом случае резко возрастает себестоимость изготовления тягового зубчатого колеса, а главное, что удаляется наиболее прочный поверхностный слой, а сам эффект накатки в значительной степени пропадает.

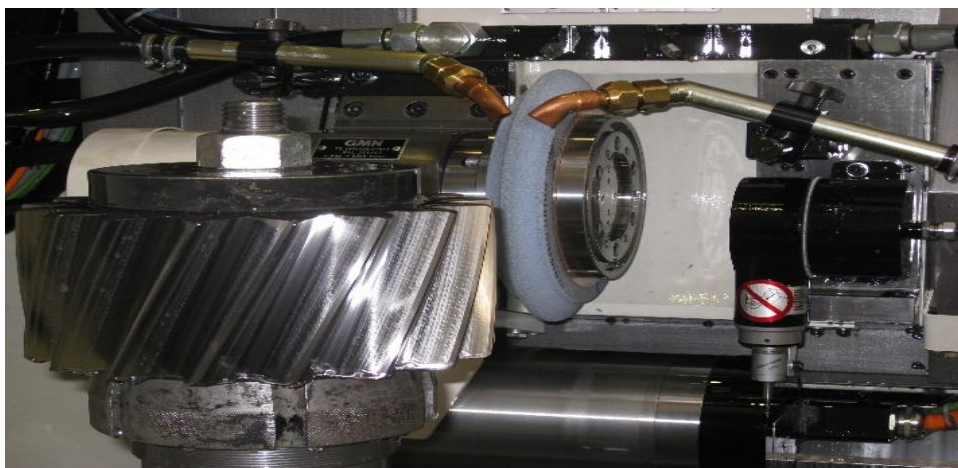


Рис. 1. Схема шлифования боковой поверхности зуба тягового зубчатого колеса

Основная часть. Причинами несовершенства технологии изготовления тяговых зубчатых колес является, прежде всего не совершенство технологии изготовления накатного инструмента. Существующий в промышленности накатной инструмент, применяемый для накатки зубьев тяговых зубчатых колес, получают в плоском станочном зацеплении, а накатка зубьев должна производиться в пространственном станочном зацеплении. Это обусловлено тем, что контактные линии на поверхности накатываемого зуба расположены вдоль его образующей. Для поворота контактных линий и благоприятного их расположения на поверхности зуба необходимо накатку зубьев тяговых зубчатых колес производить в пространственном станочном зацеплении, т.е. при скрещенных осях накатника и накатываемого изделия.

В данном исследовании для создания новых конструкций зубонакатного инструмента и разработки схем его формообразования были созданы новые технические решения основанные на базе теории плоского и пространственного станочного зацепления. При решении поставленной задачи были рассмотрены приведенные кривизны или ориентации плоскостей, в которых расположены эти кривизны, которые изменяются по величине и направлению вдоль поверхности зуба.

Создание новой схемы формообразования зубонакатного инструмента позволило получить принципиально новый инструмент для упрочняющей и сглаживающей накатки зубьев

тяговых зубчатых колес. Обработываемый (накатываемый) зуб имеет свойства аналогичные свойствам накатанного зуба при помощи стандартного инструмента.

Характерной особенностью схемы формообразования накатного инструмента является получение принципиально новой геометрии, геометрических и кинематических параметров станочного зацепления, взаимно огибаемых поверхностей.

В аналитическом виде технологическую систему накатки зубьев тяговых зубчатых колес подвижного состава можно представить как: станок, приспособление, накатной инструмент, технологическую среду, тяговое зубчатое колесо, имеющее индивидуальные свойства (материал, припуск, геометрия, режимы накатки). Воздействовать на эту систему можно путем изменения режимов накатки, а также изменением геометрии и кинематики процесса станочного зацепления. В этом случае получается возможность управления точностью и качеством накатки, повышать стойкость накатного инструмента с одновременным повышением производительности обработки и снижением ее себестоимости.

В процессе формообразования зубчатых накатников выбран второй способ Оливье, позволяющий создать пространственное станочное зацепление накатного инструмента с заготовкой, имеющее линейный характер касания зубьев. В этом случае были соблюдены два условия:

1. Изготовление витков на накатном инструменте осуществлялось при помощи инструментальной поверхности, полностью совпадающей по геометрии с поверхностью зубьев накатываемого тягового зубчатого колеса.

2. Накатка зубьев при помощи полученного накатника происходит при относительных движениях, таких же, как и при формообразовании накатного инструмента.

Для определения профиля зубчатого накатного инструмента воспользуемся известной зависимостью, описывающей поверхность зуба зуборезной производящей поверхности, записанной в следующем виде: $\vec{r}_1 = \vec{r}_1(x_1; y_1; z_1)$. Изменяя два независимых параметра φ, μ , описывающие угол поворота в зацеплении и координату вдоль профиля зуба, получим поверхность зубчатого накатного инструмента при двухпараметрическом огибании зубьев. Зубья накатника и накатываемого зубчатого колеса совершают вращательные движения, следовательно, при повороте накатываемого зубчатого колеса на угол φ_1 поверхность его зуба в неподвижной системе координат запишем при помощи следующей зависимости:

$$\vec{r}_1 = \vec{r}_1(x_1; y_1; z_1; \varphi_1; \mu). \quad (1)$$

При повороте зубчатого накатного инструмента на угол φ_2 , поверхность его зуба можно записать в следующем виде:

$$\vec{r}_2 = \vec{r}_2(x_2; y_2; z_2; \varphi_2; \mu). \quad (2)$$

В этих выражениях μ - независимый параметр, представляющий собой параметр движения производящего исходного контура вдоль оси прямолинейной образующей накатного инструмента в пространственном станочном зацеплении. Описанное движение можно представить как относительное движение зубчатого колеса бесконечно большого диаметра (инструментальной рейки) и винтового зубчатого накатника, станочное зацепление которых представлено на рис. 2.

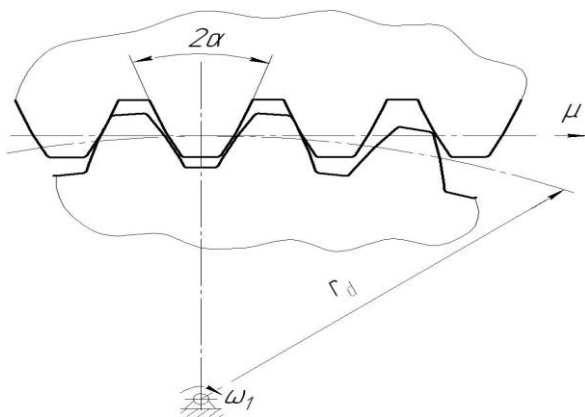


Рис. 2. Станочное зацепление накатника и накатываемого зубчатого колеса

Профиль зубчатого накатника, применяемого для накатки зубьев тяговых зубчатых колес в данном исследовании найден при помощи матричного перехода от поверхности зуба тягового зубчатого колеса к поверхности зуба инструмента. Выбранный метод перехода позволяет упорядочить процесс перехода при многократном переходе от подвижной системы координат к неподвижной, промежуточной и обратные преобразования. В исследовании поверхность сопрягаемых зубьев найдена при помощи матриц четвертого порядка. Эти матрицы позволяют не только переходить от одной координатной системы к другой, но и смещать начало одной системы координат относительно другой. Этот переход можно представить выражением вида:

$$r_i = M_{ij} r_j, \quad (3)$$

здесь $r_i; r_j$ – столбцовые матрицы радиусов-векторов одной и той же точки в системах координат накатываемого колеса и накатного инструмента S_i и S_j ;

M_{ij} – матрица перехода от j -системы к i -й системе координат.

Для нахождения уравнения станочного зацепления зубьев спроектированного накатного инструмента с зубьями накатываемого тягового зубчатого колеса в работе использован кинематический метод. Этот метод описывает основное уравнение непрерывности станочного зацепления, обозначающее, что в точке касания зубьев накатника и накатываемого зубчатого колеса вектор скорости относительного движения должен быть перпендикулярен вектору нормали к контактирующим зубьям:

$$\vec{N}_i \vec{V}_i^{(12)} = 0, \quad (4)$$

здесь $\vec{N}_i$ – вектор нормали к контактирующим зубьям;

$\vec{V}_i^{(12)}$ – вектор скорости относительного движения по поверхностям контактирующих зубьев. В этом выражении индекс i указывает в какой из систем координат записаны проекции векторов. Уравнение (4) является основным уравнением зацепления. Если вектора, входящие в выражение (4) не будут взаимно перпендикулярными, то контактирующие зубья выйдут из зацепления или внедрятся друг в друга.

С учетом теоретических предпосылок в работе разработана новая схема формообразования зубчатых накатников в пространственном станочном зацеплении (оси накатника и производящего исходного контура скрещиваются). Разработанный накатной инструмент представляет собой многозаходное винтовое зубчатое колесо,

наружная поверхность которого описана кривой линией. Конфигурация и геометрия этой линии в значительной степени зависит от геометрии накатываемого зубчатого колеса и диаметра инструмента, а также угла скрещивания их осей.

Для изготовления разработанного накатного инструмента применялся различный инструмент, станочное оборудование и схемы его формообразования. Основным принципом формообразования является движение производящего исходного контура вдоль прямолинейной образующей изготавливаемого накатника. Следовательно, такие накатники можно изготавливать на серийном зубообрабатывающем оборудовании или на горизонтально и вертикально фрезерных станках с ЧПУ. В качестве режущего инструмента может быть выбрана зуборезная рейка, прямозубый или косозубый долбяк, концевая или дисковая модульная фреза. Нарезанный по разработанной схеме зубчатый накатной инструмент представлен на рис.3.



Рис. 3. Многозаходный зубчатый накатной инструмент

При помощи разработанного в работе способа формообразования винтовых зубчатых накатников удалось изготовить зубонакатные накатники с числом заходов (витков) от 1 до 15. Экспериментальная накатка моделей тяговых зубчатых колес позволила накатать зубчатые колеса с различным числом зубьев при помощи одного и того же накатника. Дефекты накатки такие как бугор на зубе или впадина в процессе экспериментальных исследований отсутствовали.

Выводы. 1. Определены недостатки существующего накатного зубчатого инструмента и схемы его формообразования.

2. Разработана схема формообразования зубчатого накатного инструмента, применяемого для накатки зубьев тяговых зубчатых колес подвижного состава.

3. Определена геометрия накатного инструмента в зависимости от схемы его формообразования.

4. Изготовлен зубчатый накатной инструмент с различным числом зубьев.

Л и т е р а т у р а

1. Браславский В.М. Технология обкатки крупных деталей роликами / В.М. Браславский. – М.: Машиностроение, 1976. – 159 с.
2. Ильин Л.Н. Основы учения о пластической деформации / Л.Н. Ильин. – М.: Машиностроение, 1980. – 150 с.
3. Иноземцев Г.Г. Проектирование металлорежущих инструментов. М.: Машиностроение, 1984, 272с.
4. Орлов В.В. Повышение работоспособности тяговых зубчатых передач локомотивов. – М.: МИИТ-Муром, 2002. – 316 с.
5. Родин П.Р. Основы проектирования режущих инструментов/П.Р. Родин. - К.: Вища школа, 1990, 424 с.
6. Суслов А.Г. Технология и инструменты отделочно-упрочняющей обработки деталей поверхностным пластическим деформированием: справочник в 2-х т., т. 2. / А.Г. Суслов, А.П. Бабичев, А.В. Киричек и др.: под общ. ред. А.Г. Суслова. – М.: Машиностроение, 2014. – 444 с.
7. Цвис Ю.В. Профилирование режущего обкатного инструмента /Ю.В. Цвис - М.: Машгиз, 1961, 155с.
8. Чижик С.А. и др. Обеспечение качества изделий в технологических комплексах. Под общ. ред. М.Л. Хейфеца. – Минск: Беларуская навука, 2019. – 248 с.

Vitrenko V. A., Stoyanov A. A., Titova L. N., Shmanyova E. V.

INSTRUMENTS AND PECULIARITIES OF ROLLING STOCK TRACTION GEAR WHEELS TEETH KNURLING

The work investigates rolling stock traction gear wheels teeth knurling. Reasons for existing technology of traction gear wheels teeth knurling imperfection have been defined. Existing schemes of traction gear wheels teeth formation have been studied and their drawbacks have been determined. It was proposed to change the scheme of traction gear wheels teeth formation using tooth processing instrument obtained in a space machine-tool engagement. Technology for production knurlers used to knurl rolling stock traction gear wheels as enveloping a piece being treated in two-parameter bending has been offered.

Key words: knurler, traction gear wheel, knurling modes, instrument, upper layer, copying, rolling.

Витренко Владимир Алексеевич, докт. техн. наук, проф., проректор по научной работе и инновационной деятельности ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».
E-mail: vitrenko.vl@gmail.com

Стоянов Александр Анатольевич, канд. техн. наук, доц., зав. каф. «Обработка металлов давлением и

сварки» ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».
E-mail: sovetmts@yandex.ru

Титова Любовь Николаевна, заведующая отделом организации научных исследований НИЧ ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».
E-mail: naychisl@mail.ru

Шманева Елена Владимировна, ведущий специалист отдела организации научных исследований НИЧ ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».
E-mail: naychisl@mail.ru

Vitrenko Vladimir Alexeevich, Doctor of Science (Engineering), Professor, Pro-rector on scientific work and innovative activities «LSU named after V. Dahl».

Stoyanov Alexandr Anatolievich, Candidate of Science (Engineering) Head of “Pressure Treatment of Metals and Welding” department «LSU named after V. Dahl».

Titova Lubov Nikolaevna, Head of scientific research organization department SRD «LSU named after V. Dahl».

Shmanyova Elena Vladimirovna – Leading specialist of scientific research organization department SRD «LSU named after V. Dahl».

Рецензент: Гутько Юрий Иванович, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля»

Статья подана 30.11.2023

УДК 656.2, 519.6

ПРИМЕНЕНИЕ БИБЛИОТЕКИ MATPLOTLIB ЯЗЫКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ PYTHON ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЯГОВОГО ДВИГАТЕЛЯ ЭД-118

Витренко С. Н.

USING THE MATPLOTLIB LIBRARY OF THE PYTHON PROGRAMMING LANGUAGE TO CONSTRUCT THE ELECTROMECHANICAL CHARACTERISTICS OF THE ED-118 TRACTION MOTOR

Vitrenko S. N.

Статья посвящена возможности использования библиотеки Matplotlib языка программирования Python для построения графиков функций различных форм и шаблонов.

Библиотека Matplotlib представляет мощный инструмент для визуализации, массивов данных и систематизации их в различные виды графиков, такие как: диаграммы разброса, столбчатые диаграммы, круговые диаграммы, поля градиентов и т.д.

При расчете ЭМХ тягового двигателя ЭД-118 необходимо отобразить на графике функций зависимость развиваемого момента двигателя и скорости движения тепловоза 2ТЭ116, на котором установлен двигатель ЭД-118, от протекающего тока через якорь двигателя. Для этого применена библиотека Matplotlib, которая позволит, не применяя сторонние графические редакторы, отобразить на графике функций сложные математические зависимости, различных форм, применяя несложный программный код процедурного уровня программирования без применения ООП, с которым может справиться не профессиональный программист, а рядовой инженер, который владеет основами программирования.

Ключевые слова: язык программирования Python, библиотека Matplotlib, тяговый электродвигатель.

Введение. На рис. 1 представлен простейший график, отображающий линейную функцию $y = f(x)$, и программный код реализации на языке Python данного графика.

Как видно из рис. 1 реализация данного графика осуществляется семью строками кода языка Python.

Основной функцией отображения двумерных графиков является функция plot, которая принимает два аргумента для рисования линии на графике. Строка два, также принимающая два аргумента, определяет размеры выводимого окна на экран. Функция show, которая находится на последней строчке кода, отвечает за вывод графика на экран.

Цель работы – написать программу и дать описание основных используемых функций библиотеки Matplotlib для отображения двух графиков, которые показывают зависимость между скоростью движения тепловоза, развиваемым моментом двигателя и протекающим током через якорь при расчете электромеханической характеристики двигателя ЭД-118.

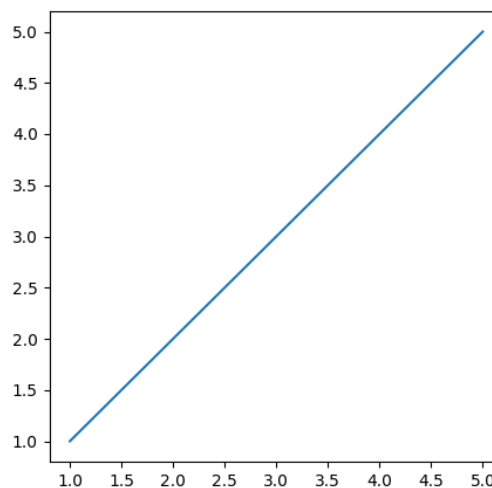


Рис. 1. Линейная функция $y = f(x)$

Изложение основного материала. Для построения ЭМХ тягового двигателя ЭД-118 необходимо вывести два независимых графика, один из которых показывает зависимость развиваемого момента двигателем от протекающего через него тока, второй скорость движения тепловоза в зависимости от тока, который протекает через двигателя.

Для этого произведем расчет момента двигателя M , скорость движения тепловоза V по формулам:

$$M = 0,925 * I * \frac{E}{n}$$

$$V = \frac{\pi * D_k * 60}{4,41 * 1000} * n.$$

Рассчитывая момент, нужно учитывать, что на тепловозе 2ТЭ116 тяговый двигатель работает в трех режимах: первый режим – полное поле, второй режим – ослабленное поле ступень один, третий режим – ослабленное поле ступень два. Поэтому каждый график будет содержать три линии.

Результаты расчетов приведены таб. 1.

Таблица 1

Результаты расчета

Сила тока I , (А)	Момент двигателя, M , (кН)	Скорость движения тепловоза V (км/ч)
Режим полного поля		
500	305.25	40
600	382.95	31
720	486.18	24
800	562.40	20
900	657.68	16
1000	758.50	14

Сила тока I , (А)	Момент двигателя, M , (кН)	Скорость движения тепловоза V (км/ч)
1100	844.53	12
Режим ослабленного поля ступень №1		
500	203.50	60
600	283.05	42
720	359.64	32
800	436.60	26
900	524.48	21
1000	610.50	18
1100	681.73	15
Режим ослабленного поля ступень №2		
500	124.88	98
600	166.50	72
720	219.789	54
800	259.00	45
900	308.03	37
1000	370.00	30
1100	457.88	23

После получения исходных данных для построения графиков. Необходимо использовать функцию subplot, вызываемую объектом plt. Данная функция принимает три аргумента: первый аргумент принимает номер графика, второй аргумент количество графиков в строке, третий количество графиков в столбцах.

Электромеханическая характеристика двигателя ЭД-118

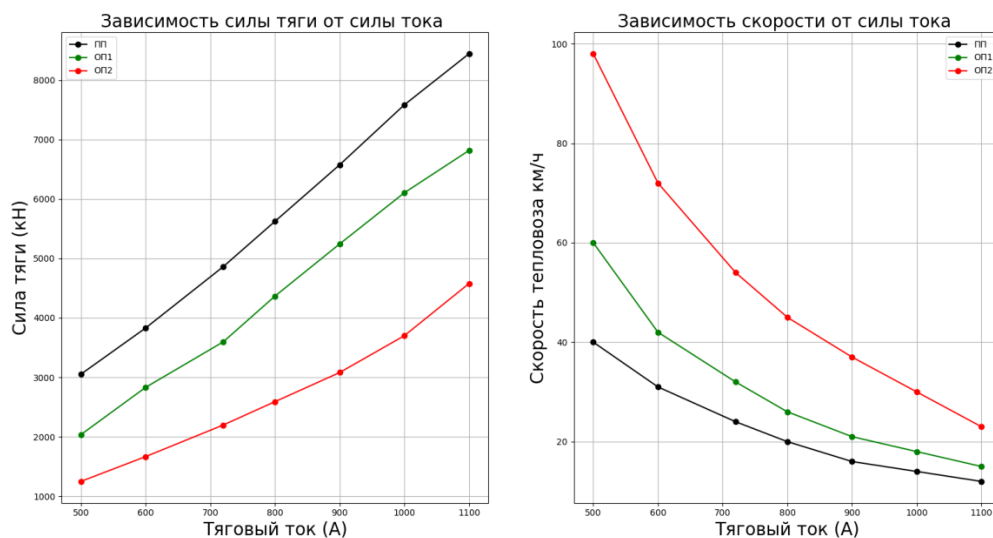


Рис. 2. Электромеханическая характеристика тягового двигателя ЭД-118

Результаты исследований. Написана программа на языке Python версии 3.10.1, используя библиотеку Matplotlib, листинг которой приведен ниже, предназначенная для отображения ЭМХ двигателя ЭД-118 рис. 2.

Электромеханическая характеристика двигателя — это зависимость момента (развиваемого на валу двигателя) от скорости тепловоза.

Значения тока, которые используются в расчете: 500, 600, 720 – длительный ток (при этом токе двигатель может работать максимально долго без перегрева), 900, 1000, 1100 А. Эти значения тока выбраны произвольно для 15 позиции контроллера машиниста, за исключением тока в 1100 А, потому что для двигателя ЭД-118 это величина является максимально допустимым кратковременным током.

```

#electromechanical characteristic ED-118
import matplotlib.pyplot as plt
Full_Field_Speed = [40, 31, 24, 20, 16, 14, 12]
Full_Field_Speed_Traction_force = [3052, 3829, 4861,
5624, 6576, 7585, 8445]
#####
Weakened_Field_Stage_1_Speed = [60, 42, 32, 26, 21,
18, 15]
Weakened_Field_Stage_1_Traction_force = [2035,
2830, 3596, 4366, 5244, 6105, 6817]
#####
#Написать правильные значения
Weakened_Field_Stage_2_Speed = [98, 72, 54, 45, 37,
30, 23]
Weakened_Field_Stage_2_Traction_force = [1248,
1665, 2197, 2590, 3080, 3700, 4578]
#####
Current = [500, 600, 720, 800, 900, 1000, 1100]
#####
plt.suptitle('Электромеханическая характеристика
двигателя ЭД-118', fontsize=25)
plt.subplot(1, 2, 1)
plt.title("Зависимость силы тяги от силы тока ",
fontsize=20)
plt.plot(Current, Full_Field_Speed_Traction_force, 'r-o',
color='Black')
plt.plot(Current,
Weakened_Field_Stage_1_Traction_force, 'r-o',
color='Green')
plt.plot(Current,
Weakened_Field_Stage_2_Traction_force, 'r-o',
color='Red')
plt.xlabel('Тяговый ток (А)', fontsize=20)
plt.ylabel('Сила тяги (кН)', fontsize=20)
plt.legend(['ПП', 'ОП1', 'ОП2'])
plt.grid()
#####
plt.subplot(1, 2, 2)
plt.title("Зависимость скорости от силы тока ",
fontsize=20)
plt.plot(Current, Full_Field_Speed, 'r-o', color='Black')
plt.plot(Current, Weakened_Field_Stage_1_Speed, 'r-o',
color='Green')
plt.plot(Current, Weakened_Field_Stage_2_Speed, 'r-o',
color='Red')
plt.xlabel('Тяговый ток (А)', fontsize=20)
plt.ylabel('Скорость тепловоза км/ч', fontsize=20)
plt.legend(['ПП', 'ОП1', 'ОП2'])
plt.grid()
plt.plot()
#####
plt.show()

```

Выводы. На сегодняшний день библиотека Matplotlib представляет собой гибкий и удобный инструмент для отображения различных

математических зависимостей, когда нужно отобразить графики различных форм, когда нет возможности использовать для этих целей графические редакторы. В случае использования Matplotlib их наличие и умение ими пользоваться становится неактуальной проблемой, т.к., Matplotlib позволяет использовать практически все возможные шаблоны, отображения.

Л и т е р а т у р а

1. Е.Я. Гаккель, К.И. Рудая. Проектирование и расчет электрической передачи тепловоза. – М.: «Транспорт», 1972. – 152 с.
2. В. В. Бакадоров, Э.Х. Тасанг, В.М. Новиков, О.В. Воронов, Ю.Э. Ладик. Расчет тягово-энергетических характеристик тепловозов – Изд. 2-е, перер. – Воронеж: Изд-во Филиала РГУПС в г. Воронеж, 2019. – 366 с., ил. 166 библ. 71 назв.
3. А.Н. Васильев. Программирование на Python в примерах и задачах. – Москва: Эксмо, 2021. – 616 с.

Vitrenko S.N.

USING THE MATPLOTLIB LIBRARY OF THE PYTHON PROGRAMMING LANGUAGE TO CONSTRUCT THE ELECTRODYNAMIC CHARACTERISTICS OF THE ED-118 TRACTION MOTOR

The article is devoted to the possibility of using the Matplotlib library of the Python programming language to plot graphs of functions of various shapes and configurations.

The Matplotlib library provides a powerful visualization tool for displaying various data sets and organizing them into various types of graphs such as scatter plots, bar charts, pie charts, gradient fields, etc.

When calculating the EDC of the ED-118 traction motor, it is necessary to display on the function graph the dependence of the developed engine torque and shaft rotation speed on the current flowing through the motor armature; for this purpose, the Matplotlib library is used, which will allow, without using third-party graphic editors, to display complex functions on the graph mathematical dependencies, of various forms, using not complex program code of a procedural level of programming, without the use of OOP, which can be handled not by a professional programmer, but by an ordinary engineer who knows the basics of programming.

Key words: Python programming language, Matplotlib library, traction motor.

Витренко Сергей Николаевич, аспирант института «Транспорта и логистики» по специальности подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

E-mail: sergeyvitrenkl12@gmail.com

Vitrenko Sergey Nikolayevich, graduate student of the Institute of Transport and Logistics, specializing in railway rolling stock, train traction and electrification of the «LSU named after V. Dahl».

Рецензент: Гутько Юрий Иванович, доктор технических наук, профессор, первый проректор ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 30.11.2023

UDC [316.7:316.776.33]:316.42
УДК [316.7:316.776.33]:316.42

CONDITIONS OF SUCCESSFUL LEARNING OF A FOREIGN LANGUAGE IN A HIGHER EDUCATIONAL INSTITUTION

Vorontsova T. Y.

УСЛОВИЯ УСПЕШНОГО ИЗУЧЕНИЯ ИНОСТРАННОГО ЯЗЫКА В ВЫСШЕМ УЧЕБНОМ ЗАВЕДЕНИИ

Воронцова Т. Ю.

The article is devoted to the problem of analysis of conditions affecting successful learning of foreign language. The methods of teaching a foreign language, modern approaches and the principles of organizing the educational process have been considered. The abilities and personality of students contributing to the effectiveness of learning a foreign language and to the progress in knowledge, abilities and skills in speech foreign language activities have been focused on. Language, linguistic and foreign-language abilities have been given in the article. The issues of forming communicative and cross cultural scientific competences, which give opportunities for students in professional and scientific fields have been revealed.

Key words: foreign language, motivation, language abilities, linguistic abilities, foreign language abilities, memory, competence, educational activity, learning efficiency.

Introduction. New requirements for the language preparation of specialists mean the need to improve the students' special language skills and increase their motivation to study languages. Teaching a foreign language contributes to the development of students' communicative skills necessary for effective interpersonal and intercultural interaction, as a result of which students' value orientations develop. Language training at a higher educational institution gives students the opportunity to use efficiently the information space associated with searching and processing information in their future professional activities. In the process of studying a foreign language, students master the methodology of cognition, they develop skills of critical thinking and intellectual work, as well as self-education skills and effective intercultural communication.

There are a lot of approaches and methods in teaching a foreign language. At the beginning of the 20th century, a direct method of teaching a foreign language was promoted, in which foreign words were directly associated with subjects. Later, the outstanding Russian linguist L.V. Shcherba proposed a comparative method of teaching foreign languages, when learning presupposes reliance on the native language. A mixed

method was also suggested, where there was a combination of the two above-mentioned methods [11].

For studying foreign languages, new approaches and methods of teaching foreign languages are being actively developed and tested now. The most popular are the communicative-cognitive approach founded by I.L. Bim and E.I. Passov. This approach is based on available communication skills in the native language. The communicative-cognitive approach, on the one hand, meets the communicative needs of students, depending on their age category, and, on the other hand, creates conditions for the conscious assimilation of a foreign language [7].

The personality-activity approach was originated by L.S. Vygotsky, A.N. Leontiev and S. L. Rubinstein. This approach focuses on students' psychological states and personality traits, the motives for learning a foreign language and an active form of learning based on awareness, purposefulness and activity of human interaction with others. Thus, the student is in the center of the teacher's attention and learning a foreign language is realized through the prism of his personality [6].

The intensive and communication-oriented methods are the most common today. The intensive method of teaching a foreign language by G.A. Kitaygorodskaya is based on the psychological aspect. This method includes the principles of game organization of the educational process, personal communication and collective interaction. The creative approach and implementation of the above principles makes it possible to overcome the difficulties caused by large volume of material [4].

Main part. The communicative-oriented method of teaching foreign languages is directed on mastering different types of communication in different communicative situations. However, it is necessary to understand that a communicative act is a complex process. The conditions for successful learning are the level of linguistic and communicative competence of communication participants, as well as knowledge of socio-cultural norms and stereotypes of speech

communication. The use of a communication-oriented method is based on motives, goals and objectives of communication, which are the necessary conditions for communication. The use of creative assignments helps to study a foreign language at a more productive level, for example, in the professional field. Nowadays, the method provides country-specific material that forms students' intercultural competence [9].

Another interesting approach based on country-specific material is the *linguo-regional* approach. It assumes that students receive background knowledge about the culture of the country of the studied language and is aimed at the formation of communicative and country-specific competencies, including intercultural and interpersonal interaction skills. The formation of the above competencies guarantees the competitiveness of a modern specialist in any professional field in the labor market. They give an opportunity for proper communication. Students not only apply existing linguistic knowledge and regional studies, but also, increase and deepen them, using language as a means of cognition.

In addition to a well-chosen approach to teaching a foreign language, it is impossible not to take into account a number of students' abilities and skills that help to study a foreign language effectively. The linguistic, language and foreign language skills are traditionally distinguished, as well as verbal intelligence, analytical linguistic ability, phonetic sensitivity are among them [2].

The concept "linguistic abilities" is complex and multi-aspect. According to N.V. Omelianenko, linguistic skills are a set of individual psychological characteristics of a student's personality that determine the effectiveness of mastering a foreign language and success in attaining knowledge, skills and abilities in the field of speech foreign language activity [5]. Linguistic abilities must be formed and developed. One of these opportunities is realized in the students' regular education and cognitive activity, which should organize mental activity based on algorithms and problem techniques. Thus, according to S.L. Rubinstein "the results of human activity, generalized and consolidated in a person, are considered as a building material in the construction of his abilities" [6].

The level of student's thinking, memory, imagination, perception is important for the formation of linguistic abilities. Students' skills are shown in educational process. And, if a student copes with educational activities successfully and effectively, it means that he has not only general, but also special skills. Strong individual characteristics are responsible for the quality and final result of the activity in which they are implemented. Language skills are considered by A.A. Leontiev as a psycho-physiological mechanism that ensures language proficiency and mastery [6].

A more specific characterization of language ability is given by A.M. Shakhnarovich, defining the concept as "a multilevel hierarchically organized functional system formed in the psyche of a native

speaker in the process of ontogenetic development" [10]. And if linguistic skills are considered as a subsystem of students' cognitive abilities, then language skills are considered both as genetically embedded in a person and developing as the person develops and matures, and formed in the process of functioning and communication of a person in society, i.e. in a social way.

The person's linguistic skills can be represented in the form of phonetic, lexical, grammatical and syntactic levels in accordance with the levels of the language system to which they correspond, as well as the qualities of abstract-logical thinking necessary for the production and reproduction of speech. Students' foreign language abilities are equally important, which, according to I.A. Zimnaya, represent the ability to operate in the process of communication with sign systems different from the native language system [3].

Foreign language skills have a clear structure, the most important element is the student's motivation, for example, professional, cognitive or communicative. Mental mechanisms are also distinguished, including the level of development of thinking and various types of memory, sensory auditory perception and analytical linguistic abilities, representing the development of verbal intelligence and language reflection, as well as individual personality characteristics.

Students with a well-developed memory are able to operate with a large volume of lexical material, allowing them to engage in verbal freely communication. Students with an analytical mindset rely not only on increasing the lexical volume due to synonyms, but on analysis, structuring and gradually complicating the language material.

It is necessary to take into account general pedagogical and methodological, socio-psychological and individual psychological factors for the effectiveness of teaching foreign languages.

The first group of factors concerns the structure of the educational process, the methodology of teaching a foreign language, the duration of training, pedagogical skills and the teacher's personality.

The second group takes into account the quality of the socio-psychological climate of the educational process, conditions and facilities for studying, the nature of the interaction between the teacher and the student, the interaction of the student with the group and the issues of increasing his motivation when teaching foreign languages, as well as the essence of the psychological and pedagogical activity of the teacher.

Individual and psychological factors are aimed at taking into account the age and individual psychological characteristics of students and the practical implementation of methods for building the educational process in a foreign language with their consideration, the process of changing the motives and interests of students. It should be noted that a number of skills can be developed, and some abilities, for example, phonetic sensitivity, are genetically inherent, and therefore independent.

Conclusion. Thus, development of certain abilities in students may vary. A competent development and combination of certain abilities can cause significant results in learning a foreign language. Students with a good memory and a high level of analytical skills, as well as a sense of language and a significant level of language competence in their native language, are able to achieve high results in learning a foreign language, but this combination of abilities is ideal. Most students have one or two of the above abilities developed.

Literature

1. Брушлинский А.В. Культурно-историческая теория мышления / А.В. Брушлинский. – М.: Высшая школа, 1968. – 104 с.
2. Гершунский Б.С. Философия образования / Б.С. Гершунский. – М.: МГСИ: Флинта, 1998. – 432 с.
3. Зимняя И.А. Психологические аспекты обучения говорению на иностранном языке: книга для учителя / И.А. Зимняя. – М.: Просвещение, 1985.
4. Китайгородская Г.А. Методические основы интенсивного обучения иностранным языкам / Г.А. Китайгородская. – М.: Наука, 1986. – 276 с.
5. Краснощекова Г.А., Цатурова И.А. Факторы, оказывающие влияние на успешное овладение иностранным языком студентами технических вузов / Г.А. Краснощекова, И.А. Цатурова. – М.: Наука, 2011. – 238 с.
6. Леонтьев А.А. Основы психолингвистики / А.А. Леонтьев. – М.: Академия, 2005. – 387 с.
7. Пассов Е.И. Коммуникативный метод обучения иноязычному говорению / Е.И. Пассов. – М.: Просвещение, 1991. – 223 с.
8. Рубинштейн С. Л. Бытие и сознание / С. Л. Рубинштейн. – М.: Изд-во АН СССР, 1957. – 476 с.
9. Рыжов В.В. Построение когнитивной модели иноязычных способностей студентов // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 22. – С. 45-56
10. Шахнарович А.М. К проблеме языковой способности (механизма) // Человеческий фактор в языке: язык и порождение речи. – М.: Наука, 1991. – 295 с.
11. Щерба Л. В. Преподавание иностранных языков в средней школе: общие вопросы методики / Л.В. Щерба. – Изд. 2-е. – М.: Высш. шк., 1974. – 109 с.
12. Barns D., Burgdorf A. Critical thinking. Reading, thinking and reasoning skills / D. Barns, A. Burgdorf. – New York: Steck Vaughn Company, 1987. – 128 p.
13. Barron F., Harrington J. Creativity, Intelligence and Personality / F. Barron, J. Harrington. – London: Cambridge Press, 1981. – 375 p.
14. Brice S. Ways with words: Language, Life and Work in Communities and Classrooms / S. Brice. – Cambridge Press, 1983. – 176 p.
15. Dreger R. Fundamentals of personality / R. Dreger. – New York, 1962. – 267 p.
16. Gulford J. Measurement of Creativity. In Exploration in Creativity / J. Gulford. – L., 1967. – № 1. – 284p.
3. Зимняя И.А. Психологические аспекты обучения говорению на иностранном языке: книга для учителя / И.А. Зимняя. – М.: Просвещение, 1985.
4. Китайгородская Г.А. Методические основы интенсивного обучения иностранным языкам / Г.А. Китайгородская. – М.: Наука, 1986. – 276 с.
5. Краснощекова Г.А., Цатурова И.А. Факторы, оказывающие влияние на успешное овладение иностранным языком студентами технических вузов / Г.А. Краснощекова, И.А. Цатурова. – М.: Наука, 2011. – 238 с.
6. Леонтьев А.А. Основы психолингвистики / А.А. Леонтьев. – М.: Академия, 2005. – 387 с.
7. Пассов Е.И. Коммуникативный метод обучения иноязычному говорению / Е.И. Пассов. – М.: Просвещение, 1991. – 223 с.
8. Рубинштейн С. Л. Бытие и сознание / С. Л. Рубинштейн. – М.: Изд-во АН СССР, 1957. – 476 с.
9. Рыжов В.В. Построение когнитивной модели иноязычных способностей студентов // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 22. – С. 45-56
10. Шахнарович А.М. К проблеме языковой способности (механизма) // Человеческий фактор в языке: язык и порождение речи. – М.: Наука, 1991. – 295 с.
11. Щерба Л. В. Преподавание иностранных языков в средней школе: общие вопросы методики / Л.В. Щерба. – Изд. 2-е. – М.: Высш. шк., 1974. – 109 с.
12. Barns D., Burgdorf A. Critical thinking. Reading, thinking and reasoning skills / D. Barns, A. Burgdorf. – New York: Steck Vaughn Company, 1987. – 128 p.
13. Barron F., Harrington J. Creativity, Intelligence and Personality / F. Barron, J. Harrington. – London: Cambridge Press, 1981. – 375 p.
14. Brice S. Ways with words: Language, Life and Work in Communities and Classrooms / S. Brice. – Cambridge Press, 1983. – 176 p.
15. Dreger R. Fundamentals of personality / R. Dreger. – New York, 1962. – 267 p.
16. Gulford J. Measurement of Creativity. In Exploration in Creativity / J. Gulford. – L., 1967. – № 1. – 284p.

References

1. Brushlinskij A.B. Kul'turno-istoricheskaya teoriya myshleniya / A.B. Brushlinskij. – M.: Vysshaya shkola, 1968. – 104 s.
2. Gershunskij B.S. Filosofiya obrazovaniya / B.S. Gershunskij. – M.: MGSI: Flinta, 1998. – 432 s.

Воронцова Т.Ю.

УСЛОВИЯ УСПЕШНОГО ИЗУЧЕНИЯ ИНОСТРАННОГО ЯЗЫКА В ВЫСШЕМ УЧЕБНОМ ЗАВЕДЕНИИ

Статья посвящена проблеме анализа условий, влияющих на успешное изучение иностранного языка. В статье рассматриваются современные подходы и методы обучения иностранному языку, а также принципы организации учебного процесса. Основное внимание уделяется наличию специальных способностей и особенностей личности обучающихся, которые обуславливают эффективность усвоения иностранного языка и успешность в овладении знаниями, умениями и навыками в области речевой иноязычной деятельности. Проанализированы языковые, лингвистические и иноязычные способности. В статье рассматриваются вопросы формирования коммуникативной и страноведческой компетенций, которые создают возможность для обучающихся в профессиональной и научных сферах.

Ключевые слова: иностранный язык, мотивация, языковые способности, лингвистические способности, иноязычные способности, память, компетенция, учебная деятельность, эффективность обучения.

Воронцова Татьяна Юрьевна, кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры иностранных языков ФГБОУ ВО «Луганского государственного университета имени Владимира Даля».
E-mail: sportvtu2@yandex.ru

Vorontsova Tatyana Yurievna, candidate of pedagogical sciences, associate professor, associate professor

of the department of foreign languages «LSU named after V. Dahl».

Рецензент: Склад Павел Петрович, доктор психологических наук, профессор, директор института философии Луганского государственного университета имени Владимира Даля, г. Луганск.

Статья подана 18.12.2023 г.

УДК 621.387.143:621.791.09

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ ПЛАЗМЕННО-МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ

Гаврыш В. С.

DETERMINATION OF RATIONAL MODES OF PLASMA MACHINING OF PARTS

Gavrysh V. S.

В статье приведено описание экспериментальной установки, а также расчетный метод определения зоны разупрочнения заготовки в зависимости от режимов плазменно-механической обработки и теплофизических характеристик обрабатываемого материала.

Ключевые слова: точение, заготовка, плазматрон, нагрев, зона разупрочнения, рациональные режимы обработки.

Введение. В машиностроении широко используются высокопрочные стали и сплавы. Применение таких материалов вызывает существенные технологические трудности при их обработке. Так, например, скорость резания при заданной стойкости инструмента снижается в 5–15 раз по сравнению с конструкционными сталями [1–5].

Решение этой проблемы привело к использованию комбинированных способов обработки, которые предусматривают предварительный нагрев обрабатываемой заготовки. Среди различных методов нагрева выделяется плазменный нагрев, обеспечивающий высокую скорость, стабильность работы и локализацию тепла, что значительно повышает эффективность обработки [1–5].

Плазменно-механическая обработка (ПМО) заключается в последовательном и согласованном воздействии на обрабатываемый материал плазменного нагрева и режущего инструмента. Локальный нагрев зоны стружкообразования позволяет увеличить производительность и качество обработки материалов лезвийным инструментом. Данный метод используют при обработке твердых и вязких материалов, нержавеющей стали, термообработанных легированных сталей, закаленных быстрорежущих сталей, заготовок при наличии литой корки, наклепанного поверхностного слоя, а также высокопрочных сплавов и материалов с наплавленными или напыленными твердыми покрытиями.

Одним из сдерживающих факторов широкого использования ПМО является отсутствие надежно работающих высокоресурсных плазматронов, а также научно-обоснованной технологии обработки [1, 4–7]. В качестве источника дуговой плазмы при ПМО чаще всего применяют плазматроны прямого действия. Однако их применение имеет ряд недостатков, связанных с пережогами и изменением структуры и свойств обрабатываемого материала, срывом дуги, низкими ресурсом и надежностью плазменного оборудования. Использование плазматронов косвенного действия позволяет устранить некоторые из этих недостатков.

В работах [2–4] рассмотрено влияние плазменного нагрева на механические свойства некоторых обрабатываемых материалов, приведены зависимости определяющие влияние отдельных технологических параметров обработки на производительность и качество обработанной поверхности. При ПМО материалов одной из основных физических характеристик является зона разупрочнения.

Целью работы является определение влияния рабочих параметров процесса на зону разупрочнения и выявление рациональных режимов ПМО.

Изложение основного материала. Для ПМО был разработан линейный плазматрон косвенного действия мощностью до 50 кВт, который состоит из катодного, анодного узлов и межэлектродной вставки. Плазмообразующий газ (воздух) вводился в разрядный канал через две камеры с отдельной подачей газа G_1 и G_2 . В качестве катода используется гафниевый или циркониевый стержень диаметром 4 мм, диаметр разрядного канала 7 мм. Проведенные исследования показали устойчивую и стабильную работу плазматрона при расходе рабочего газа (воздуха) $G = (1,2–4,0) \cdot 10^{-3}$ кг/с и силе тока дуги до 180 А, при этом среднemasсовая температура воздушной плазменной струи лежит в пределах 2000–5500 К. Ресурс работы плазматрона составил более 50 часов, а тепловой КПД – 0,6.

ПМО осуществлялась на экспериментальной установке (рис. 1) состоящей из токарно-винторезного станка модели ИТ-1М, источника питания, систем газо- и водоснабжения и плазмотрона, закрепленного в специальном крепежном приспособлении, позволяющее регулировать его положение в пространстве.



Рис. 1. Экспериментальная установка для ПМО материалов

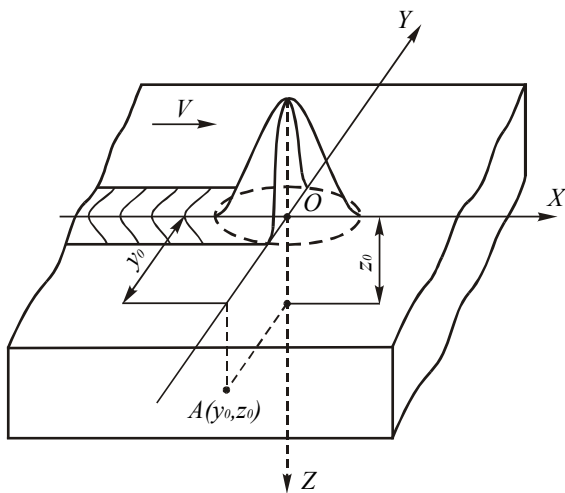


Рис. 2. Схема перемещения плазменной струи на поверхности заготовки

Необходимо отметить, что основной физической характеристикой при ПМО является температурное поле. Эта характеристика позволяет определить температуру материала в любой точке зоны термического воздействия в различные моменты времени, скорость нагрева и охлаждения, зоны термического воздействия в заданном интервале температур в зависимости от параметров режима обработки и теплофизических характеристик обрабатываемого материала. Поэтому, для оценки параметров термического

цикла при ПМО необходимо использовать расчетные методы.

Температуру в любой точке тела в плоскости Z_0OY_0 (рис. 2) можно определить [6]:

$$T(Y_0, Z_0, t) = \frac{2q}{V \cdot c\gamma} \cdot \frac{e^{-\frac{Z_0^2}{4at}}}{\sqrt{4\pi \cdot a \cdot t}} \cdot \frac{e^{-\frac{Y_0^2}{4a(t_0+t)}}}{\sqrt{4\pi \cdot a \cdot (t_0+t)}}, \quad (1)$$

где $q = 0,235 \cdot \eta_T \cdot I \cdot U$ – эффективная удельная мощность плазменного нагрева;

V – скорость обработки;

λ , a , $c\gamma$ – коэффициенты теплопроводности, температуропроводности, объемная теплоемкость обрабатываемого материала;

t – время; $t_0 = \frac{1}{4 \cdot a \cdot k}$ – постоянная времени нагрева;

$k = \frac{11,97}{d_n^2}$ – коэффициент сосредоточенности,

характеризующий форму кривой нормального распределения;

d_n – диаметр пятна нагрева;

Z_0 и Y_0 – координаты точки.

Для точек на центральной оси пятна нагрева, т.е. в плоскости XOZ_0 при $Y_0=0$ уравнение (1) можно записать в виде:

$$T(O, Z_0, t) - T_0 = \frac{q}{2 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot V} \cdot \frac{e^{-\frac{Z_0^2}{4at}}}{\sqrt{t \cdot (t_0+t)}} \quad (2)$$

где T_0 – исходная температура заготовки.

Если расстояние L между плазмотроном и резцом определено, то время нагрева составит:

$$t = \frac{L}{V}. \quad (3)$$

Уравнение (2) после подставления значений t , t_0 и k можно представить в виде:

$$T(O, Z_0, t) - T_0 = T^* \cdot e^{-\frac{\frac{Z_0^2 \cdot V}{4 \cdot a \cdot L} - \frac{Y_0^2}{d_n^2 + \frac{4 \cdot a \cdot L}{11,97}}}{V}}. \quad (6)$$

Здесь

$$T^* = \frac{q}{2 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot V \cdot \sqrt{\frac{L}{V} \cdot \left(\frac{d_n^2}{47,88 \cdot a} + \frac{L}{V} \right)}}, \quad (7)$$

T^* – температура на оси перемещения источника в рассматриваемом сечении.

Известно, что воздействие концентрированных источников нагрева на металл вызывает эффект разупрочнения, поэтому необходимо было знать распределение температуры в зоне термического воздействия на обрабатываемую заготовку в различные моменты времени в зависимости от параметров режима обработки и теплофизических характеристик обрабатываемого материала.

Экспериментальные исследования температурных полей при перемещении источника нагрева сопряжены со значительными трудностями, связанными с измерениями быстро протекающих тепловых процессов. Поэтому, для оценки параметров термического цикла при ПМО был применен расчетный метод, который позволил определить ширину Y_T и глубину Z_T залегания любой интересующей изотермы (в частности наиболее важной изотермы, при которой начинается заметное разупрочнение обрабатываемого материала) в зоне резания.

Логарифмируя и преобразуя выражение (6), получаем формулу для определения ширины Y_T и глубины Z_T :

$$Z_T = \sqrt{\ln \frac{T^*}{T(O, Z_0, t) - T_0} \cdot \frac{4 \cdot a \cdot L}{V}}, \quad (8)$$

$$Y_T = \sqrt{\ln \frac{T^*}{T(O, Z_0, t) - T_0} \cdot \left(\frac{d_n^2}{11,97} + \frac{4 \cdot a \cdot L}{V} \right)}. \quad (9)$$

Необходимо отметить, что изотермы в сечении представляют форму полуэллипса, поэтому площадь изотермы разупрочнения составит:

$$Sp = \frac{\pi \cdot Y_T \cdot Z_T}{2}. \quad (4)$$

С полученным значением складывается площадь срезаемой стружки без предварительного подогрева (режимы обработки

труднообрабатываемых материалов без подогрева имеются в справочниках) и на основании суммарной площади устанавливается подача и глубина резания с учетом размеров изотермы разупрочнения.

Расчетные значения размеров изотерм при плазменном нагреве заготовки из стали 12X18H10T (рис. 3) показывают изменение зоны разупрочнения в зависимости от рабочих параметров процесса. Для большинства труднообрабатываемых сталей заметное уменьшение механических свойств происходит при температуре свыше 400°C , а для стали 12X18H10T уже при температуре $200\text{--}300^\circ \text{C}$ [3]. Если исходить из рекомендованных режимов, то за счет плазменного подогрева разупрочняется участок шириной около 5,3 мм и глубиной 1,8 мм (рис. 3,а при 300°C), то есть участок площадью не более 15 мм^2 . Этот участок практически не будет оказывать сопротивление резцу, поэтому для полного использования станка к площади разупрочненного участка необходимо прибавить сечение снимаемой стружки без подогрева. Заготовка из стали 12X18H10T обрабатывалась со следующими режимами (на токарно-винторезном станке модели ИТ-1М): подача режущего инструмента $S = 0,2\text{--}0,3 \text{ мм/об}$; глубина резания $t = 2\text{--}3 \text{ мм}$, при этом стойкость режущего инструмента из материала Т5К10 составляло около 1 часа. Сечение срезаемого слоя составляет 1 мм^2 . Это показывает, что с плазменным подогревом срезаемый слой можно увеличить до 16 мм^2 . Из рис. 3,а, можно сделать вывод, что увеличение сечения срезаемого слоя необходимо производить за счет подачи и глубины резания, так как изотерма 300°C значительно превышает толщину стружки, снимаемую без подогрева, и меньше ее по ширине. В нашем случае применение плазменного подогрева позволило увеличить величину подачи до $0,7 \text{ мм/об}$, а глубину резания до $4,5 \text{ мм}$. Выбранный режим резания создает на резце такие же усилия, как и резание без подогрева с подачей $0,3 \text{ мм/об}$, отсюда увеличивается производительности труда более чем в 3 раз.

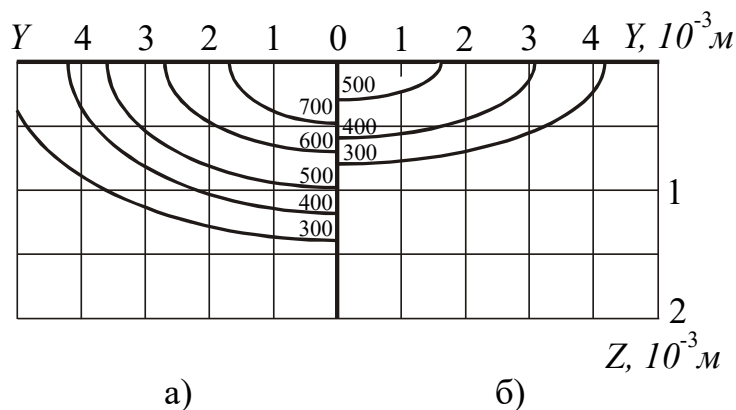


Рис. 3. Распределение температур в заготовку при $q = 28 \text{ кВт}$ и $G_1 = G_2$, $G = G_1 + G_2$:
а) $V = 0,083 \text{ м/с}$, б) $V = 0,167 \text{ м/с}$

Выводы. Разработанный плазмотрон можно использовать для плазменно-механической обработки, а использование расчетных формул позволяет определять размеры зоны разупрочнения. Полученные данные могут быть использованы при выборе рациональных режимов процесса.

Л и т е р а т у р а

1. Гаврыш В.С., Бранспиз Е.В. Плазменно-механическая обработка заготовок из труднообрабатываемых материалов // Вестник ЛНУ им. В.Даля, №3(33), 2020, С. 83-88.
2. Обработка резанием труднообрабатываемых материалов с нагревом / А.Н. Строшков, Ш.Л. Теслер, С.П. Шабашов, Д.С. Элинсон. – М.: Машиностроение, 1977. – 140 с.
3. Шатерин М.А. Высокопроизводительная плазменно-механическая обработка. – Л.: ЛДНТП, 1984. – 28 с.
4. Панков А.Е., Полуянов В.С. Плазменно-механическая обработка материалов: Обзор. – М.: НИИИмаш, 1981. – 46 с.
5. Шатерин М.А., Попилов А.Л., Медко В.С. Эффективность нагрева заготовки при плазменно-механической обработке // Сварочное производство. – 1982. – № 5. – С. 29-30.
6. Самотугин С.С., Лещинский Л.К. Плазменное упрочнение инструментальных материалов. – Донецк: Новый мир, 2002. – 338 с.
7. Гаврыш В.С. Разработка плазменного оборудования для напыления и упрочнения поверхностей ножей мясоперерабатывающей промышленности // Вестник ЛГУ им. В. Даля. – 2020. – №3(33). – С. 83-88.

Gavrysh V.S.

DETERMINATION OF RATIONAL MODES OF PLASMA MACHINING OF PARTS

The article describes the experimental setup, as well as a computational method for determining the softening zone of the workpiece, depending on the modes of plasma-mechanical processing and the thermophysical characteristics of the processed material.

Keywords: turning, workpiece, plasma torch, heating, softening zone, rational processing modes.

Гаврыш Владимир Сергеевич, к.т.н., доцент, доцент кафедры «Легкая и пищевая промышленность» ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

E-mail: gavrysh@bk.ru

Gavrysh Vladimir Sergeevich, PhD, associate professor, associate professor of «Light and food industry» department, «LSU named after V. Dahl».

Рецензент: Витренко Владимир Алексеевич, проректор по научной работе и инновационной деятельности ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», доктор технических наук, профессор.

Статья подана 30.11.2023

УДК 378.147.016: 811:17.022.1

ИНОСТРАННЫЙ ЯЗЫК КАК ИНСТРУМЕНТ ФОРМИРОВАНИЯ ЦЕННОСТНЫХ ОРИЕНТАЦИЙ СТУДЕНТОВ-МЕЖДУНАРОДНИКОВ

Гончарова С. В.

FOREIGN LANGUAGE AS A TOOL FOR THE FORMATION OF VALUE ORIENTATIONS FOR STUDENTS MAJORING IN INTERNATIONAL RELATIONS

Goncharova S. V.

В статье рассматриваются роль иностранного языка в формировании ценностных ориентаций студентов-международников, уточнены понятия ценностной ориентации личности. В статье подчеркивается, что знание иностранного языка способствует межкультурному общению и помогает улучшить взаимопонимание и взаимодействие между представителями различных языковых и этнических сообществ. В статье актуализируется задача по воспитанию, специалистов, способных отстаивать национальные интересы страны в иноязычном межкультурном общении. Статья подчеркивает значимость иностранного языка для формирования ценностей, которые будут лежать в основе его будущей профессиональной деятельности и акцентирует внимание на том факте, что профессиональная межкультурная компетенция специалиста становится объективным и неотъемлемым компонентом современной жизни в многонациональном и поликультурном обществе. В статье проанализированы предложен ряд методических приемов для формирования ценностных ориентаций у студентов-международников на практических занятиях по иностранному языку.

Ключевые слова: иностранный язык, ценностные ориентации, межкультурная коммуникация, воспитание, культура.

Введение. Определяя стратегическую линию развития страны, В.В. Путин отметил: «Развитие человека – это и основная цель, и необходимые условия прогресса современного общества. Это и сегодня, и в долгосрочной перспективе – наш национальный приоритет. Будущее России, наши успехи зависят от образования и здоровья людей, от их стремления к самосовершенствованию и использованию своих навыков и талантов» [11].

Проблемы образования и воспитания всегда занимали ключевые позиции в формировании общества, развитие которого во все времена определялось состоянием этих составляющих. Процесс образования включает в себя не только обучение (целенаправленный процесс получения знаний и умений), но и воспитание (передача нравственных и этических духовных ценностей). В

различные исторические периоды кризисов и переломных моментов человечества увеличивается интерес к ценностным основам личности и общества в целом. Ценностные ориентации означают отношение человека к материальным и духовным ценностям, их убеждения, предпочтения и поведение, которое обеспечивает стабильность личности и преемственность определенного типа деятельности. Формирование ценностных ориентаций необходимо для эффективного взаимодействия с представителями других культур и профессиональных сообществ на национальном и международном уровнях и обуславливает необходимость их изучения будущими специалистами в области международных отношений. В современном мире с его поликультурным контекстом важно развивать понимание ценностей и смыслов международного сообщества. Образовательная система ставит задачи по обновлению методов обучения и воспитания, сосредоточившись на национальной культурной идентичности и способности ее адекватного представления в межкультурном пространстве. Поэтому формирование ценностных ориентаций у современных студентов является важным аспектом воспитания, учитывая, тот факт, что профессиональная межкультурная компетенция становится неотъемлемой частью современной жизни в многонациональном и мультикультурном обществе. Особый интерес для автора представляют студенты-международники – будущие специалисты, чьей основной задачей является установление, поддержание или управление межкультурными отношениями. Выпускники этого направления образования представляют профессиональный интеллектуальный класс российского общества, и их действия во многом определяют имидж отечественного кадрового ресурса.

Цель статьи заключается в исследовании иностранного языка как инструмента формирования ценностных установок у студентов-международников.

Задачами работы являются: изучение влияния изучения иностранного языка на формирование ценностных установок у студентов-международников, а также анализ методов и подходов, которые могут быть использованы для достижения этой цели.

Изложение основных материалов. Сегодня как никогда актуальны вопросы воспитания молодого поколения. Важная задача, стоящая перед системой образования заключается в выработке в соответствии с общественными ценностями и ориентирами коммуникативных стратегий личности и интеграцию ее в многоуровневое социокультурное пространство. Проблема воспитания студентов-международников, способных представлять национальные интересы страны в условиях равноправного межкультурного общения становится ключевым аспектом профессиональной деятельности. Как подчеркивает И.П. Подласый: «Современное общество начинает требовать от учебных заведений возрождения духовного воспитания. Люди начинают искать школы, где учат не только основам наук, но и пытаются формировать духовные основы жизни, прививать определенные ценности» [10, с.137-146]. Проблемами политических ориентаций молодежи посвящены исследования Т.Э. Петрова, А.И. Ковалева. В работе И.М. Ильинского отмечается, что в настоящее время процессам самореализации, а также влияния макро-и микросреды на формирование личности уделяется все большее внимание [6]. В своем исследовании О. В. Мусина анализирует потенциал человека как совокупность внутренних сил, которые могут быть направлены как на самого человека, так и на внешний мир. Интегрируя различные философские, социокультурные и психолого-педагогические аспекты, исследование помогает понять возможности развития интеркультурного потенциала студентов. Это включает в себя диалектическую совокупность сил, способных к развитию в потенциале человека; роль культуры и поликультурной среды в формировании личностного потенциала и познании других культур, а также социальные требования общества к специалисту, способному эффективно работать в поликультурном пространстве и преодолевать межкультурные барьеры [8]. Анализ трудов культурологов, таких как Д. Б. Гудков, В.В. Красных, С.Г. Тер-Минасова, показывает, что благодаря изучению иностранного языка человек формирует свое мировоззрение. Если родной язык погружает человека в национальную культуру, с ее традициями и обычаями, то изучение иностранного языка помогает человеку понять мировоззрение другой нации и народа.

Социокультурная ситуация в поликультурных обществах характеризуется определенным отношением членов одной социальной группы к представителям иных национальных либо

культурных групп. Такие сообщества создают вокруг себя не только материальный мир, но и мир межличностных взаимоотношений, включающий в себя систему социального поведения, которая регулируется обычаями, традициями, нормам, характерными для определенных национальных и культурных сообществ. Все они живут в мире своих правил, которые выражаются в языке, манере поведения, религии, системе эстетических взглядов, социальных институтах. Язык выполняет функции передачи, изменения и сохранения информации, в то время как культура, в отличие от языка, служит в основном для передачи и сохранения культурного опыта человечества. Культура отражается в языке, и основной ее характеристикой является накопление и обобщение этого опыта. Язык выступает в качестве выражения и хранилища культурных ценностей, и только через него люди могут познакомиться с культурным наследием.

Понятие "ценностная ориентация" междисциплинарно, оно возникло на стыке различных наук и может быть рассмотрено с точки зрения философии, психологии, педагогики, социологии, культурологии, аксиологии и других наук. В социальной психологии под ценностными ориентациями понимаются идеологические, политические, моральные, эстетические и другие основания оценок и ориентации в действительности. По определению Н.А. Журавлевой, ценностная ориентация – это относительно устойчивая направленность личности на определенные цели, имеющие для нее жизненное значение, и на способы их достижения, которые отчасти независимы от социальной ситуации [4, с.35]. Э. Б. Ястребова подчеркивает важность гуманистической составляющей профессиональной подготовки при обучении иностранным языкам, предлагая студентам рассмотрение гуманитарных проблем, которые побуждают их сопереживать и находить оптимальные решения [14, с.35-44]. Встретившись с глобальными проблемами, общие ценности для всех культур стали явно видимы: ценность жизни, мира, экологической безопасности и ряда других антропологических ценностей. Спектр ценностей разнообразен: моральные, этические, идеологические, политические, религиозные, экономические, эстетические и другие. Они формируются и изменяются у учащихся в процессе социализации, на занятиях иностранного языка и общих дисциплин.

Образование с мультикультурным языковым подходом предполагает разнообразие культурной тематики в учебных материалах по иностранным языкам, отражая различные типы культур – социальные, профессиональные, этнические, и территориальные – и способствуя тем самым развитию у обучающихся поликультурного мышления. В результате формируется представление об уважении и сосуществовании

различных культур в современных мультикультурных обществах [12].

Социокультурный подход в преподавании языка предполагает два способа интерпретации фактов языка и культуры в учебных целях: 1) переход от языковых фактов к фактам культуры; 2) переход от культуры к языковым фактам. В первом случае важно показать, как особенности культуры и мышления носителей языка отражаются в языковых единицах, при этом культурологическая информация извлекается из самих языковых единиц. Этот подход к изучению культуры в рамках лингвострановедения лежит в основе лингвострановедческой теории слова [1]. В конце 1980-х годов научные интересы в области культуры претерпели изменения: объектом научного анализа и изучения на языковых занятиях стала культура носителей изучаемого языка, и была предложена новая парадигма исследований и их практического использования: культура рассматривается как цель, а язык как средство. В методическом плане этот подход к изучению культуры нашел наиболее последовательное отражение в концепции коммуникативного иноязычного образования, разработанной под руководством Е.И. Пассова [9]. Данную концепцию можно рассматривать как один из вариантов социокультурного подхода к обучению. Суть данного подхода сводится к следующим положениям:

1. Путь освоения языка считается образовательным процессом, содержание которого заключается в изучении культуры страны изучаемого языка. Таким образом, иноязычная культура представляет собой все, что является основой для формирования иноязычного культурного образования в его различных аспектах: познавательном, развивающем, воспитательном и учебном.

2. В познавательном плане центральное место занимает сравнение культур через анализ фактов из области художественного творчества (идеи, темы, проблематика, нравственные и эстетические ценности, жанры, художественные способы выражения) и образа жизни носителей языка. Это направление изучения языка и культуры за последние годы особенно активно развивается в рамках новой научной дисциплины - сопоставительного лингвострановедения [7, с.53].

3. В воспитательном плане при социокультурном подходе уделяется внимание выявлению общих нравственных ориентиров в жизни двух народов и обнаружению существующих между ними различий.

4. Основной целью обучения в рамках данного подхода является формирование устойчивой мотивации к изучению языка и иноязычной культуры в контексте диалога с родным языком.

Как известно, в современной геэкономической и геокультурной обстановке люди должны уметь сосуществовать в едином мире, что означает

способность устанавливать взаимовыгодный диалог со всеми участниками общественного пространства и умение строить гуманитарные мосты между представителями различных религий, культур и стран. В данном контексте язык играет важнейшую роль и, по-видимому, является единственным инструментом, который позволяет налаживать взаимопонимание и взаимодействие между представителями различных языковых и этнических сообществ. При изучении иностранного языка человек расширяет свое кругозор и представления, а также меняет свои границы восприятия мира. Как он воспринимает мир и что он видит в нем, всегда отражается в понятиях, которые формируются на основе его родного языка и с учетом многообразия выразительных средств, присущих ему. Кроме того, ни одна ситуация, ни одно событие не воспринимаются человеком непредвзято. Все они оцениваются им, а также изучаемые явления других культур, всегда через призму принятых в родном языковом сообществе культурных норм и ценностей, а также через призму приобретенной индивидуумом модели восприятия мира. В ходе занятий по иностранному языку проводится исследование и интерпретация встреч с другой культурой на основе собственного культурного и языкового опыта студентов. Эти контакты происходят в процессе практического усвоения языка и изучения его лексико-грамматических аспектов через методы аудирования, чтения, письма, устной речи и перевода, а также на основе различных текстов межкультурного содержания и когнитивно-коммуникативных заданий.

Дисциплина "иностраный язык" реализует свой аксиологический потенциал через ценностное наполнение материалов, содержащихся в профессионально-ориентированных учебных материалах (статьях, текстах, упражнениях, аудио- и видеоматериалах, изображениях и т. д.). Студенты имеют возможность выразить свою ценностно-смысловую оценку по каждой теме, включенной в учебный план дисциплины "иностраный язык": «Национальная идентичность», «Глобализация», «Культурное разнообразие», «Идеологическая культура». Преподаватель иностранного языка обладает значительным потенциалом воздействия на формирование и развитие личности будущего специалиста-международника, на его взгляды, убеждения, ценности, а также мировоззрение. Реализация этого потенциала в значительной степени зависит от личностных качеств преподавателя, его таланта, человеческого подхода, стремления развивать свои профессиональные навыки на протяжении всей карьеры. Преподаватель не просто передает знания, а учит студентов мыслить и находить ответы, используя обладаемые знания и новые знания. Знания, которые имеют личный смысл, становятся значимыми для студентов. Объединение этих знаний с эмоциями и чувствами формирует ценностные установки,

которые требуют соответствующего образа жизни и поведения в обществе. Оценивая уровень знаний и навыков студентов, преподаватель передает им критерии оценки явлений окружающего мира, обучая их думать в терминах ценностей [5, с.27].

Для формирования ценностных установок можно использовать несколько методов на уроках иностранного языка, основными из которых являются аксиологический, компаративный и прогностический анализы профессиональных ситуаций. Аксиологический анализ направлен на разрешение противоречий в межкультурном профессиональном сообществе, например, оценивая конфликтные ситуации из-за различных ценностных ориентаций участников профессионального межкультурного общения. Схема реализации анализа включает определение объектов оценки, выявление общих критериев и системы оценки, формирование групп экспертов для проведения аксиологической экспертизы, получение системы оценок и разработку рекомендаций по улучшению оцениваемых объектов [13].

Сравнительный анализ представляет собой общий методологический метод изучения и технику анализа различных жизненных, профессиональных и социокультурных ситуаций. Сравнительный анализ обладает значительным междисциплинарным потенциалом и может быть применен для изучения философских, религиозных, моральных, социальных, экономических и политических аспектов ценностной структуры в историческом контексте. На занятиях по иностранному языку, сравнительному анализу в рамках культурно-ценностной части могут подвергаться темы, такие как "Демократия", "Политические режимы", "Гендерная политика", "Демографические проблемы", "Глобализация как основное направление мирового развития" и другие.

Прогностический анализ представляет собой процесс предположения о будущем развитии проблемной профессиональной ситуации. Этот анализ может быть разделен на несколько этапов: установление целей и задач анализа; выбор методов достижения этих целей; определение этапов развития ситуации; предсказание результатов, возможных отклонений, нежелательных явлений, дополнительных условий и возможных последствий. Прогностический анализ включает в себя методы такие, как анализ, синтез, обобщение, сравнение, описательное моделирование, выдвижение гипотез, мысленный эксперимент, экстраполирование. Примерами прогностического анализа могут быть моделирование будущих профессиональных обязанностей обучающихся на работе, написание ими резюме на иностранном языке и участие в ролевой игре "Собеседование при трудоустройстве", моделирование проблемных профессиональных ситуаций и предложение вариантов их разрешения. Студентам может быть предложено продолжить незаконченные утверждения: "Я реализую себя в

будущей профессии, потому что...", "В будущей профессиональной деятельности мне сложно представить, как...", "Я (не) уеду из страны, потому что..."[2].

Практика показывает, что знания, преподнесенные в готовом виде, усваиваются на 50-60%, а то, в чем он принимал непосредственное участие, - на 90%. Именно интерактивные методы помогают не только сформировать у студентов определенный набор знаний, но и пробудить у них стремление к самообразованию, реализации своих способностей. Эти технологии развивают инициативу, обостряют эмоциональное восприятие, позволяют активно использовать творческий потенциал, придают занятиям живой характер, расширяют кругозор и активизируют познавательные процессы. Необходимо подчеркнуть, что главным требованием к применению интерактивных методов является соответствие задачам (обеспечивать формирование гражданской и этнической идентичности личности; воспитывать чувство национального самосознания в сочетании с уважением к традициям и обычаям как части культуры других стран мира; формировать нормы нравственного поведения).

Одним из важных факторов, способствующих развитию интеркультурного потенциала студентов на занятиях иностранного языка, является создание коммуникативной обстановки. Это означает учебную атмосферу, которая характеризуется активностью умственного и эмоционального участия студентов, атмосферой доверия и взаимопонимания. Это достигается через специальные методики общения, игры, учет социально-личностных факторов и коммуникативное поведение участников, включая преподавателя.

Глубокий и всесторонний анализ специальных методик, направленные на создание коммуникативной обстановки, содержится в исследовании А. А. Деркач. Он рассматривает игру как средство формирования и развития интеллектуальных умений. Наиболее сильно она сказывается на формировании и развитии проективных, а также гностических умений. Например, в процессе изучения темы «Культурная идентичность» приведем примеры заданий по общению с предполагаемым зарубежным собеседником:

- Попросите собеседника рассказать о национальных праздниках, традициях и обычаях его страны.
- Попросите собеседника рассказать об истории его страны. Расскажите ему об истории нашей страны.
- Расскажите о лидерах нашего государства. Попросите рассказать своего собеседника о государственных лидерах своей страны.
- Попросите рассказать о культуре и культурной жизни в его стране (о национальных

художниках, музыкантах, артистов театра и кино). Расскажите о своем любимом художнике, исполнителе и т.п.

• Приготовьте викторину о России, будьте готовы отвечать на вопросы собеседника [14, с.177-186].

Коммуникативная ситуация на занятиях способствует развитию и обогащению интеркультурного потенциала студентов, поскольку она выполняет социокультурную функцию, позволяя студентам обучаться в контексте культуры и языка. Преподаватель должен подбирать ситуации, которые имитируют общение на языке, что поможет студентам усвоить языковые знания и социальные нормы. Только в этом случае иностранный язык станет эффективным средством развития потенциала студентов и поможет им понять ценности мировой культуры.

Выводы. Подводя итог, можно заключить, что при изучении иностранного языка формируются ценности, связанные с культурным разнообразием, взаимопониманием и межкультурной коммуникацией. Ценностные ориентации представляют собой отражение в сознании человека ценностей, которые он признает в качестве стратегических жизненных и профессиональных целей, а также общих взглядов на мир. Студенты-международники в процессе изучения иностранного языка должны приобрести знания, навыки и ценности, способствующие развитию взаимодействия и сотрудничества между различными людьми в обществе, а именно:

1) Уважение к разнообразию культур. Изучение иностранного языка помогает людям понять и уважать различия в культуре, традициях, обычаях и ценностях разных стран.

2) Глобальное общение. Изучение иностранного языка обеспечивает возможность межкультурного общения, расширяя кругозор и способствуя глобальному пониманию и сотрудничеству.

3) Личностное развитие. Изучение иностранного языка помогает развивать умение адаптироваться к новым ситуациям, повышает самооценку и самодисциплину. Изучение иностранного языка дает возможность погружения в новый мир литературы, кино, музыки и других форм искусства, что способствует личному росту и развитию творческих способностей.

4) Профессиональные возможности. Знание иностранного языка открывает дополнительные профессиональные возможности, такие как работа в международных компаниях, возможность участия в международных проектах и многое другое.

Общая перспектива развития данной темы исследования включает постоянное обновление и усовершенствование методов обучения, разработку новых теоретических концепций и практических подходов, с помощью которых изучение иностранного языка может влиять на формирование

различных ценностных ориентаций, которые будут лежать в основе его будущей профессиональной деятельности, а также применение их в образовательной практике.

Л и т е р а т у р а

1. Верещагин Е.М. Костомаров В.Г. Язык и культура: лингвострановедение в преподавании русского языка как иностранного / Е.М. Верещагин, В.Г. Костомаров. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Рус. яз. – 1990. – 243 с.

2. Глаголев В.С. Межкультурная коммуникация в условиях глобализации: учеб. пособие / В.С. Глаголев. – М.: Проспект, 2016. – 200 с.

3. Деркач А.А. Педагогическая эвристика: Искусство овладения иностр. яз. / А.А. Деркач, С.Ф. Щербак. – Москва.: Педагогика, 1991. – 219 с.

4. Журавлева Н.А. Динамика ценностных ориентаций молодежи в условиях социально-экономических изменений / Н.А. Журавлева // Психологический журнал. – 2006. – № 1. С. 35-44.

5. Иноземцева К.М. Подготовка преподавателя иностранного языка для работы в техническом вузе: авторефер. дис. ...канд. пед. наук.: спец. 13.00.08 «Теория и методика профессионального образования»/ Иноземцева Кира Михайловна. – М.: Федеральный ин-т развития образования, 2017. – 270 с.

6. Ильинский И.М. Молодежь и молодежная политика / И.М. Ильинский. – М.: Социум, 2001. – 692 с.

7. Мамонтов А.С. Язык и культура: основы сопоставительного лингвострановедения: автореф. дис. ... докт. фил. наук: спец. 10.02.19 «Теория языка» / Мамонтов Александр Степанович. – М.: Ин-т языкознания РАН, 2000. – 53 с.

8. Мусина О.В. Развитие межкультурного потенциала студентов вуза в процессе изучения иностранного языка: авторефер. дис. ...канд. пед. наук.: спец. 13.00.08 «Теория и методика профессионального образования» / Мусина Ольга Вальерьевна. — Магнитогорск, 2004. - 22 с.

9. Пассов Е.И. Коммуникативное иноязычное образование: концепция развития индивидуальности в диалоге культур / Е.И. Пассов. – М.: Просвещение, 2000. – 172 с.

10. Подласый И.П. Педагогика: учебник / И.П. Подласый. – М.: Высшее образование, 2007. – 540 с.

11. Путин В.П. Выступление на расширенном заседании Государственного совета «О стратегии развития России до 2020» 8 февраля 2008г. URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/transcripts/24825>. (дата обращения 19.11.2023)

12. Сафонова В.В. Коммуникативная компетенция: современные подходы к многоуровневому описанию в методических целях / В.В. Сафонова. – М.: Еврошкола, 2004. – 233 с.

13. Тетерский С.В. Проектные методы в формировании гражданской идентичности у школьников. Методический кейс: методические указания / С.В. Тетерский, Т.В. Болотина, Л.С. Пастухова. – М.: Московский Политех, 2017. – 307 с.

14. Ястребова Е. Б. Гуманистическая составляющая профессиональной подготовки при обучении иностранному языку в неязыковом вузе / Е.Б. Ястребова // Вестник Московского государственного лингвистического ун-та. – 2018. – Вып. 2 (796). С. 65–78.

Goncharova S. V.
**FOREIGN LANGUAGE AS A TOOL FOR THE
FORMATION OF VALUE ORIENTATIONS FOR
STUDENTS MAJORING IN INTERNATIONAL
RELATIONS.**

This article studies the role of foreign language proficiency in shaping value orientations for students majoring in international relations. Drawing on theories of cultural and linguistic relativity, the study examines how language acquisition can impact students' understanding of cultural norms, social attitudes, and ethical principles in an increasingly globalized world. Through a combination of theoretical analysis and empirical research, the article argues that foreign language competence can serve as a crucial tool for fostering intercultural empathy, respect for diversity, and ethical decision-making among future international relations professionals. The findings have significant implications for language education and curriculum development in the field of international relations, highlighting the importance of integrating language learning as a fundamental component of value-oriented education. The article analyzes a range of methodological approaches for shaping value orientations

among students majoring in international relations during practical language sessions.

Key words: *foreign language, value orientations, intercultural communication, education, culture, ethical principles.*

Гончарова Светлана Владимировна, старший преподаватель кафедры теории и практики перевода, ФГБОУ ВО «Луганский государственный педагогический университет», г. Луганск.

E-mail: sveta.sv71@mail.ru

Goncharova Svetlana Vladimirovna, Senior Lecturer of Department of Translation Theory and Practice, FSBEI HE "Lugansk State Pedagogical University", Lugansk.

Рецензент: Кривко Яна Петровна, доктор пед.наук, доцент, заведующий кафедрой высшей математики и методики преподавания математики ФГБОУ ВО «ЛГПУ»,

Статья подана 30.11.2023

УДК 687.021: 004.93

ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ БОЕВОЙ ОДЕЖДЫ ПОЖАРНЫХ

Дейнека И. Г., Родионова Н. Н., Ермоленко М. В.

APPLICATION OF DIGITAL TECHNOLOGIES IN DESIGN FIREFIGHTERS' COMBAT CLOTHING

Deineka I. G., Rodionova N. N., Ermolenko M. V.

В данной статье обоснована необходимость антропологического исследования сотрудников аварийно-спасательных частей МЧС ЛНР с целью формирования цифровой базы данных основных рабочих поз пожарных для проектирования типовой конструкции боевой одежды пожарных, выполнен анализ существующих на данный период времени способов получения цифровых копий фигуры человека (аватара), предложен способ получения аватара с помощью метода фотограмметрии, проведен анализ полученных антропометрических данных по данным с аватара в 3D-среде с использованием программы «электронный манекен Julivi».

Ключевые слова: боевая одежда пожарного (БОП); система автоматизированного проектирования одежды (САПР); антропологическое исследование; эргономическая конструкция; цифровая копия фигуры человека; 3D-сканер; фотограмметрия;

Введение. При проектировании специальной производственной одежды эргономические показатели занимают второе место после показателей защиты человека от неблагоприятных воздействий агрессивной среды. Эргономические показатели боевой одежды пожарного (БОП) также имеют важное значение. Производственная деятельность пожарного занимает, как правило, длительное время, а находиться в защищенном, но в неудобном, ограничивающим движении костюме небезопасно и утомительно.

Анализ последних исследований и публикаций. Проблемами эргономичных конструкций при проектировании производственной одежды рассматривались в работах таких исследователей как, Е.Я. Сурженко, Ш.А. Саидовой, Ю.В. Мачинской [1, 2, 3]. Вопросы разработки технологий трехмерного сканирования, проектирования виртуальных манекенов фигуры человека и 3D-моделей одежды рассматривались в работах таких исследователей как, И.А. Петросова, Е.Г. Андреева, О.А. Шанцева [4, 5, 6, 7]. Использование фотограмметрии как метода определения объема объекта с целью получения антропометрических данных фигуры человека

рассматриваются в работах В.Б. Краснопевцева, А.Г. Карманова, А.С. Назарова [8, 9, 10].

Проектирование БОП является сложной задачей, и ее решение требует комплексного подхода. В связи со стремительным развитием цифровых 3D-технологий появились новые методы проектирования одежды. Интеграция технологии 3D – сканирования с системами САПР одежды особенно активно развивается в легкой промышленности. Разработки 3D-технологий позволяют осуществлять виртуальный дизайн и примерку швейных изделий, а также визуализировать цифровые копии фигуры реального человека (аватара), которые дают возможность модифицировать конструктивное устройство моделей с использованием САПР [11, 12].

Целью работы является исследование существующих способов получения цифровых копий человека, а также проведение эксперимента по получению аватара человека методом фотограмметрии, а также обоснование точности воспроизведения и возможности применения самого аватара в связке с модулем «электронный манекен» САПР Julivi, позволяющей проектировать типовую конструкцию БОП.

Изложение основного материала. С целью улучшения эргономических показателей боевой одежды пожарных БОП проводились исследования комплектов защитной одежды в Луганских государственных пожарно-спасательных частях МЧС ЛНР. Выявлено, что нижняя часть костюма БОП, а именно брюки, а также полукомбинезон требуют совершенствования на стадии проектирования конструкции. Так, например, в конструкции брюк выявлена проблема с затруднением подъема ноги на высоту, в положении, когда коленный сустав пожарного согнут таким образом, что образуется угол между бедром и корпусом 90^0 и менее (рис. 1).



Рис. 1. Посадка пожарных в пожарный автомобиль

Данная проблема особенно остро проявляется при подъеме пожарного на подножку пожарного автомобиля высокой проходимости, движении по лестницам, а также по пересеченной местности [13]. Следующим недостатком, на наш взгляд, является чрезмерное напряжение ткани изделия в области шагового шва брюк и среднего шва сидения брюк и комбинезона, что приводит в свою очередь к высокой степени разрывов брюк в данной области в процессе эксплуатации (рис. 2). Данная проблема выявлена у большинства производителей отечественных комплектов БОП.



Рис. 2. Фото разрывов брюк БОП после эксплуатации

Таким образом, актуальным становится вопрос совершенствования конструкции брюк и полукombineзона БОП, обеспечивающей комфортное использование в процессе работы за счет выбора рациональной конструкции, которая будет позволять выдерживать повышенные нагрузки в области шва сидения и шаговых швов. Особенно актуален этот вопрос в связи с тем, что ткани для производства БОП не обладают особой пластичностью и сложно поддаются деформации. Дополнительно к механическим свойствам верхнего слоя комплекта БОП конструктору необходимо предусмотреть конструктивное устройство теплоизолирующих слоев внутри самого комплекта, которые, помимо отсутствия пластичности, ещё и обладают достаточно большой плотностью и толщиной материалов.

Для решения данной проблемы, на наш взгляд, целесообразно создать цифровую базу данных основных рабочих поз пожарных в виде виртуальных аватаров. В отличие от стандартного

способа сбора данных по рабочим позам с помощью фотографии или видео, цифровая база данных дает возможность получить более полную картину основных видов движений верхних и нижних конечностей человека при исследовании основных динамических поз пожарных. Кроме того, появится возможность получить и проанализировать новые антропологические данные фигуры человека не только в статике, но и в динамике трудовых движений, которые влияют на изменение размеров и формы опорной поверхности тела человека.

Сбор новых антропологических данных на данный момент возможен не только традиционным контактным способом, но и с помощью новых технологий трехмерного сканирования. Полученные антропологические данные можно ввести в базы данных САПР одежды с интегрированными 3D-манекенами.

Применение 3D-технологий позволяет выполнять сразу несколько задач:

- проводить примерку в виртуальной 3D-среде на аватаре до пошива реального образца изделия;
- вводить корректировки в лекала изделия БОП до получения необходимо результата, сокращая время на пробные пошивы образца изделия;
- использовать для примерки как стандартные аватары на условно-типовую фигуру, так и полученные по скану реального человека;
- использовать для примерки аватар, оцифрованный с реального человека в динамической трудовой позе, что позволит выполнять виртуальную примерку не только при статичной позе аватара, но и оценить степень напряжения по участкам изделия в динамике;
- снимать мерки с аватара, сгенерированного по скану реального человека в виртуальной 3D-среде, как в статичной, так и динамической позе;
- оценить степень прилегания изделия с учетом толщины пакета материалов и специфики выбора прибавок, что поможет в дальнейшем создать базу данных оптимальных прибавок для проектирования эргономичных конструкций БОП.

Таким образом, для получения цифровой базы данных динамических поз пожарных в виртуальной 3D-среде, необходимо выбрать способ для получения цифровой копии человека и экспериментальным путем подтвердить точность полученных результатов. В настоящее время существует несколько технологий получения трехмерных моделей. Одной из наиболее популярных технологий является 3D-сканирование объектов. 3D-сканер – это устройство, которое собирает пространственные данные с объекта с помощью датчиков и преобразует их в «облако точек». Каждая точка объекта получает координаты в трехмерном пространстве, после чего все точки соединяются программным обеспечением сканера с

помощью полигонов, создавая целостную поверхность объекта. Что дает возможность сгенерировать трехмерную полигональную 3D-модель.

Разрешение и качество 3D-модели варьируется в зависимости от того, сколько данных для формирования «облака точек» было собрано с объекта, каково расстояние между точками и какой алгоритм 3D-моделирования используется в программном обеспечении сканера. По принципу действия существует два основных вида 3D-сканеров: лазерные и оптические.

– Лазерный сканер измеряет расстояние до исследуемого объекта и определяет актуальную длину лучей. Направление лазера регулируется энкодерами. Главным преимуществом таких

устройств является возможность оцифровки объектов со сложной формой;

– Оптический сканер подсвечивает области объекта структурированным светом, в то время как камеры фиксируют результат с разных ракурсов. Область засвечивается полосой света или специфическим паттерном (черно-белыми полосами или квадратами). Деформация света или паттерна передает устройству информацию о форме и глубине предмета. Процесс записывается одной или двумя камерами, которые передают в программное обеспечение компьютера информацию о структуре объекта [14].

В табл. 1 приведен обзор популярного оборудования для трехмерного сканирования [15, 16, 17, 18].

Таблица 1

Обзор оборудования для трехмерного сканирования

Наименование характеристики	3D-сканер Texel Portal BX	3D-сканер Texel Portal MX	3D-сканер RangeVision Spectrum	3D-сканер Planeta3D-600M-4
Внешний вид модели				
Размеры, мм	2250 × 2580	2000 × 2600	450 × 100 × 220	760 × 660 × 230
Вес, г	150000	70000	1650	40000
Страна производитель	Россия	Россия	Россия	Россия
Производитель	Texel	Texel	RangeVision	3DQuality
Назначение	Сканирование людей	Сканирование людей	Производство, архитектура, дизайн, хобби	Сканирование людей и других крупногабаритных объектов
Тип сканера	Стационарный	Стационарный	Статичный (настольный)	Стационарный
Метод сканирования	Бесконтактный	Бесконтактный	Бесконтактный	Бесконтактный
Время, с	30	30	-	-
Принцип действия	Инфракрасный сканер на базе PrimeSense	Инфракрасный сканер на базе PrimeSense	Структурированный подсвет оптическая триангуляция	Структурированный подсвет оптическая триангуляция
Зона сканирования	1200 × 2200 мм	1200 × 2200 мм	520 × 390 × 390 мм	1000 × 1850 мм
Детализация текстуры 3D-модели	1 мм	1 мм	0,072–0,26 мм.	0,072 - 0,26 мм
Количество полигонов	до 1 млн	до 1 млн	-	
Рекомендуемая дистанция для сканирования, мм	-	-	100-300 мм	300 мм
Передача цвета	да	да	да	да
Количество считывающих устройств	4	4	2 промышленные камеры 3.1MPix	4
Программное обеспечение	AutoScan	AutoScan	RangeVision ScanCenter 2017.1	Planeta3DMultisensor
Формат экспорта в системы САПР	FBX, OBJ, VRML, PLY, STL	FBX, OBJ, VRML, PLY, STL	ASC, OBJ, PLY, STL	STL, PLY, OBJ, VMRL
Рыночная стоимость, руб.	2 842 892	1 950 000	390 000	478 000

Проанализировав предложения на рынке 3D-сканеров, можно сделать вывод, что оборудование данного типа имеет достаточно высокую стоимость. Так как 3D-моделирование очень ресурсоемкий процесс, требующий обработки данных о тысячах точек в пространстве, то, помимо 3D-сканера, для работы потребуется еще и очень мощный компьютер для обработки данных, полученных в результате сканирования. Такой компьютер будет иметь также достаточно высокую стоимость. В случаях, когда требуется создать 3D-сканы небольшого количества людей, то покупка столь дорогостоящего оборудования не всегда оправдана и целесообразна.

Альтернативой 3D-сканерам является сканирование с помощью метода фотограмметрии. Данный метод основан на получении данных о форме, размерах и поверхности реального объекта за счёт программной обработки цифровых фотоснимков. Для сканирования данным методом необходим цифровой фотоаппарат и специальное программное обеспечение для обработки фотоснимков. В случае использования приложения потребуется только смартфон с цифровой камерой.

Фотосъемка происходит следующим образом: статичный объект фотографируют вокруг своей оси на 360° в положении, когда матрица фотоаппарата параллельна объекту. Затем выполняют последовательно смещение камеры с шагом 30° по отношению к объекту и снимают таким образом ещё несколько оборотов вокруг объекта. В конце фотосъемки объект снимают сверху. С помощью специального программного обеспечения происходит анализ снимков, на основании которого создаётся «облако точек» и формируется полигональная 3D-модель с учётом текстуры поверхности (рис. 3).

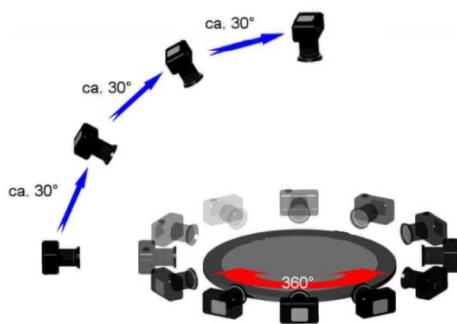


Рис. 3. Принцип оцифровки предмета с помощью метода фотограмметрии

На результат сканирования человека любым из вышеперечисленных способов влияет множество факторов. К ним относятся условия освещения, плотность прилегания одежды по фигуре, а также то, насколько хорошо субъект может удерживать фиксированное положение во время сканирования,

поскольку человек, находясь в статичной позе, продолжает дышать и моргать.

Для обработки данных эксперимента было выбрано два программных обеспечения (ПО) для компьютера 3D ZephyrFree и Meshroom, а также два приложения для смартфона MagiScan и KIRI Engine, работающих на операционной системе Android.

3DF Zephyr Free – бесплатное программное обеспечение, которое позволяет автоматически создавать 3D-модели по цифровым фотографиям объектов. 3DF Zephyr Free построено на основе запатентованной, передовой технологии реконструкции методом фотограмметрии, обладает достаточно простым интерфейсом, несмотря на то, что он выполнен на английском языке. Для обработки в бесплатной версии доступна загрузка 50 фотоснимков [19].

Meshroom – это полностью бесплатная программа с открытым исходным кодом от компании AliceVision. Интерфейс программы выполнен также на английском языке. Особенностью данного ПО является возможность строить карту глубин объектов с использованием технологии CUDA видеокарты Nvidia. Данная видеокарта обладает увеличенной вычислительной производительностью и является достаточно дорогостоящей технологией. Рекомендуемое количество фотоснимков – не менее 30 [20].

MagiScan – это приложение для 3D-сканирования, которое использует искусственный интеллект, превращая реальные объекты в 3D-модели. Объект фотографируется по всем правилам фотограмметрии на камеру смартфона. Далее фото через интернет загружаются на сервер компании, где обработка данных выполняется с помощью мощных процессоров. Данная технология делает доступным 3D-сканирование, даже не обладая сложным и дорогостоящим оборудованием. Для обработки данных в приложении доступна загрузка 45 фотоснимков [21].

KIRI Engine – это высокопроизводительное приложение для осуществления 3D-сканирования. Приложение дает возможность создавать реалистичные 3D-модели объектов, используя продвинутые алгоритмы обработки фотоснимков. Приложение использует технологию AI-enhanced PBR, которая помогает в получении реалистичного изображения 3D-модели. Для обработки данных в приложении доступна загрузка 70 фотоснимков [22].

Для чистоты эксперимента обработка данных велась на одном компьютере с параметрами процессора: AMD Ryzen 7 2700 Eight-Core Processor 3.20 GHz и оперативной памятью 16,0 ГБ, видеоадаптер NVIDIA GeForce RTX 3060. Фотосъемка проводилась с помощью цифрового однообъективного зеркального фотоаппарата Nikon D5100 с КМОП-матрицей производства компании Sony, разрешением 4928×3264 (16,2 мегапикселей), оснащенной объективом байонет F. В качестве освещения были использованы потолочные лампы

дневного света, дополнительное освещение не использовалось. Режим съемки был выбран «без вспышки» во избежание дополнительных бликов на объекте съемки.

В результате фотосъемки получены снимки следующими параметрами: диафрагма $f/3.5$, ISO-635, фокусное расстояние 18мм, светосила 3.7. Фотоснимки были получены в двух форматах NEF и JPG. При этом снимки NEF имеют размер около 17000 КБ, а снимки JPG имеют в три раза меньше размер около 5000 КБ. Дополнительной обработке снимки не подвергались. В программах фотограмметрии обрабатывались оба формата фотоснимков.

Работа в приложениях MagiScan и KIRI Engine проводилась на смартфоне Samsung Galaxy A10, работающим на операционной системе Android 9.0 (Pie) и оснащенным основной камерой 13 МП, $f/1.9$.

До сканирования человека был проведен ряд экспериментов с оцифровкой небольшого объекта. В качестве объекта была выбрана картонная коробка, имеющая форму прямоугольного параллелепипеда. Данный предмет был выбран для облегчения определения габаритных размеров в натуральных условиях и в 3D-среде. Проведенные эксперименты помогли определиться в стратегии и общих аспектах последующей фотосъемки фигуры человека.



Рис. 4. Объект для эксперимента по 3D-сканированию методом фотограмметрии

В результате эксперимента по сканированию прямоугольного параллелепипеда выявлено, что линейные размеры объекта в 3D-среде программ 3D ZephyrFree и Meshroom отображаются корректно при вводе коэффициента корректировки масштаба. 3D-модели, полученные в программе Meshroom, требуют дополнительной обработки в сторонних программах, таких как Meshmixer Autodesk или Blender, для масштабирования и проведения замеров объекта. При этом функционал программы 3D ZephyrFree позволяет проводить замеры и масштабирование объектов непосредственно в среде 3D ZephyrFree без привлечения сторонних программ. Полигональные 3D-модели, полученные в результате эксперимента, представлены на рис. 5 и 6.

После введения коэффициента масштабирования по одной из осей было установлено, что во всех трех проекциях линейные

размеры объекта изменяются пропорционально и отображаются корректно.

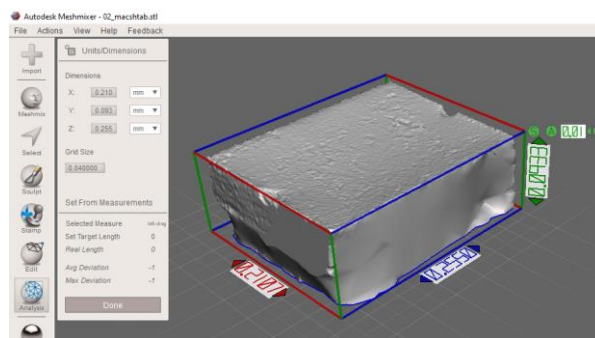


Рис. 5. Полигональная 3D-модель прямоугольного параллелепипеда, полученная с помощью программы Meshroom

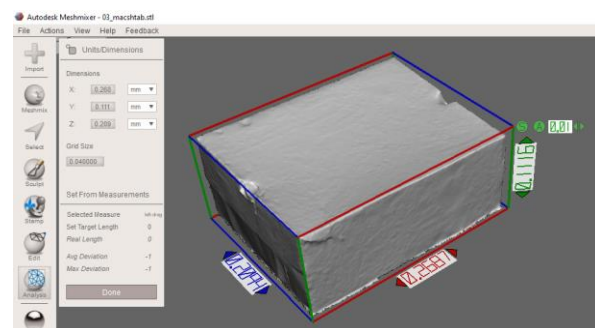


Рис. 6. Полигональная 3D-модель прямоугольного параллелепипеда, полученная с помощью программы 3D ZephyrFree

На основании полученных данных по сканированию прямоугольного параллелепипеда, которые приведены ниже в табл. 2, можно сделать вывод, что более точная полигональная 3D-модель была получена в программе 3D ZephyrFree, чем в программе Meshroom. Тем не менее далее для эксперимента по сканированию фигуры человека были использованы обе программы.

Далее в процессе эксперимента по 3D-сканированию фигуру человека фотографировали в двух позах. Первая поза статичная – человек стоит прямо, ноги на ширине плеч, руки отведены от корпуса на одинаковом расстоянии. Для удержания неподвижно данной позы на протяжении всего времени, пока велась фотосъемка, были использованы специальные приспособления (рис. 7, а). Вторая поза – динамическая, которая имитирует движение ног при подъеме пожарного на подножку пожарного автомобиля – руки свободно опущены, одна нога поднята под углом 90° к корпусу. Для фиксирования человека в динамической позе использовалась специальная подставка (рис. 7, б).

В статической позе было сделано 53 фотоснимка, в динамической – 41. В динамической позе было сделано меньше фотоснимков, т.к. удерживать данную позу неподвижно оказалось труднее, чем статическую.

Таблица 2

Результаты эксперимента по сканированию прямоугольного параллелепипеда методом фотограмметрии

ПО для 3D-сканирования	Ширина, см	Длина, см	Высота, см	Ширина (3D), см	Длина (3D), см	Высота (3D), см	Погрешность (Ш), %	Погрешность (Д), %	Погрешность (В), %
Meshroom	25,5	19,5	10,0	25,5	21,0	9,3	0%	+2,57%	-7%
3D Zephyr Free				25,5	19,7	10,3	0%	+0,03%	+0,03%

В приложениях MagiScan KIRI Engine было сделано 45 фотоснимков. Результаты сканирования с помощью различного программного обеспечения приведены ниже на рисунках 7-15.

После создания 3D-моделей необходимо устранить погрешности и отверстия, которые появляются из-за неточности сканирования. Для того чтобы избавиться от полученных погрешностей, необходимо воспользоваться специальным программным обеспечением, позволяющим проводить манипуляции с трехмерными полигональными 3D-моделями. С этой целью проводилась дальнейшая обработка материалов 3D-сканирования в программном обеспечении Autodesk Meshmixer и включала в себя несколько этапов: закрытие отверстий, устранение неровностей поверхностей, корректировка полигональной сетки 3D-моделей, определение габаритных размеров объектов.

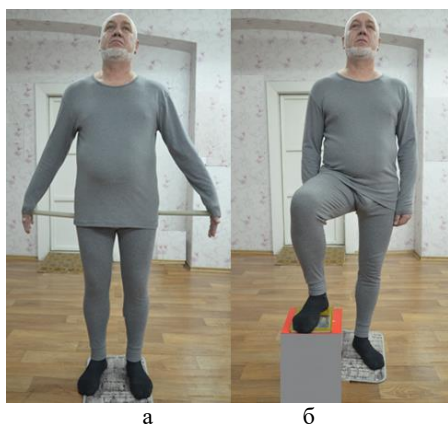


Рис. 7. Фото фигуры при сканировании

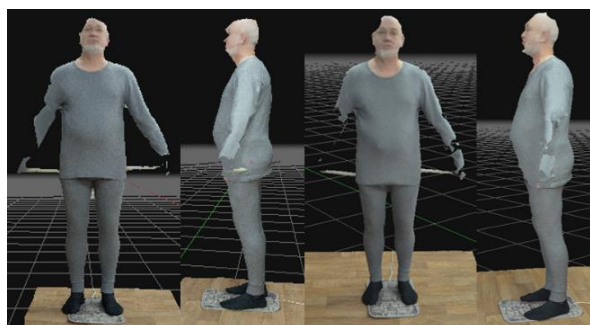


Рис. 8. Результаты сканирования статической позы в программе 3D Zephyr FREE файлы nef и jpg

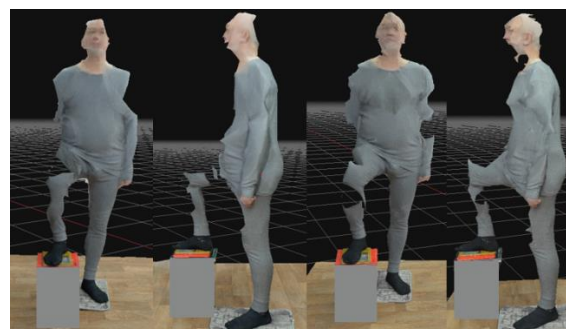


Рис. 9. Результаты сканирования динамической позы в программе 3D Zephyr FREE файлы nef и jpg



Рис. 10. Результаты сканирования статической позы в программе Meshroom файлы nef и jpg



Рис. 11. Результаты сканирования динамической позы в программе Meshroom файлы nef и jpg



Рис. 12. Результаты сканирования статической и динамической позы в приложении KIRI Engine

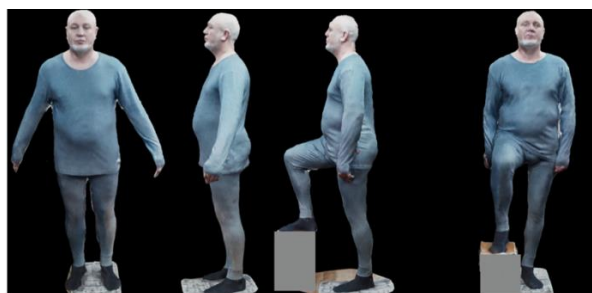


Рис. 13. Результаты сканирования статической и динамической позы в приложении MagiScan

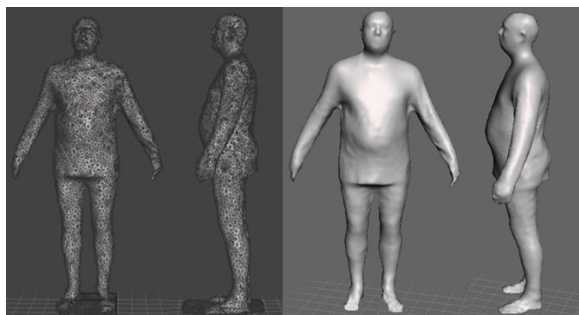


Рис. 14. Аватар после обработки программой Meshmixer Autodesk в статической позе

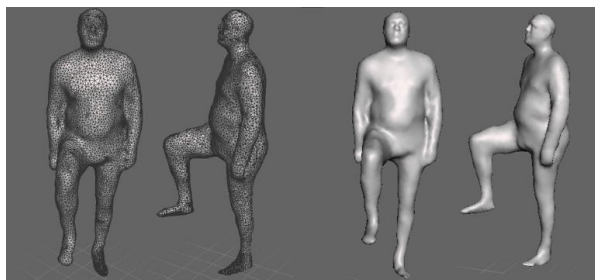


Рис. 15. Аватар после обработки программой Meshmixer Autodesk в динамической позе

Результаты исследований. На основании полученных результатов эксперимента по 3D-сканированию методом фотограмметрии можно сделать следующие выводы:

– Аватар, полученный с помощью программы 3D Zephyr FREE, показал хорошую точность сканирования нижних конечностей в статической позе, но верхняя часть корпуса и верхние конечности сгенерированы не полностью. В динамической позе не полностью были отсканированы и нижние конечности. Возможно, данный результат был получен из-за меньшего количества фотоснимков в динамической позе. Обработка данных в формате JPG и NEF показала примерно одинаковый результат. Основным отличием является время обработки данных. Файлы в формате NEF обрабатывались значительно дольше файлов в формате JPG.

– Аватар, полученный с помощью программы Meshroom и в статической и в динамической позе, показал результат хуже, чем 3D Zephyr FREE. 3D-модели хоть и более цельные, но имеют значительные погрешности как в верхней, так и в нижней части, что не дает возможность использовать полученные аватары для антропологического исследования. Обработка данных в формате JPG и NEF не дала также значительных отличий, кроме времени обработки данных.

– Аватар, полученный с помощью приложения KIRI Engine, показал худший результат по 3D-сканированию. 3D-модели имеют значительные погрешности и отсутствуют значительные участки тела человека. Ввиду того, что при сканировании нельзя указать область для генерации 3D-модели, генерация объекта происходит вместе с окружающей его средой. В нашем случае это вся комната со всеми предметами в ней. Алгоритм данного приложения, используемый для генерации 3D-полигональных моделей, применим больше для сканирования небольших объектов, когда при сканировании в кадр не попадает много предметов, окружающих объект сканирования.

– Аватар, полученный с помощью приложения MagiScan, показал наилучший результат. 3D-полигональная модель получилась наиболее цельной с меньшим количеством отверстий и погрешностей. Для доработки 3D-модели в Meshmixer Autodesk потребовалось наименьшее количество времени. Если при обработке результатов в 3D Zephyr FREE и Meshroom после формирования «плотного облака точек» в 3D-среде требовалось «обрезать» все лишние предметы окружающие сканируемый объект, то при работе приложения MagiScan объект сканирования определяется автоматически и доработка модели в «ручном режиме» практически не требуется. Еще одним преимуществом можно выделить обработку данных на удаленном сервере. Таким образом, для работы не потребуется дорогостоящее оборудование для сканирования и обработки данных.

На основании анализа полученных аватаров для проверки точности были выбраны два скана, полученные с помощью программы 3D Zephyr FREE и приложения MagiScan. Аватары были импортированы в модуль «электронный манекен» САПР Julivi, где проводились замеры по тринадцати размерным признакам (рис. 16). Замеры размерных признаков проводились согласно ГОСТ 31399-2009 [23]. Ниже в табл. 3 приведены результаты полученных обмерных данных.

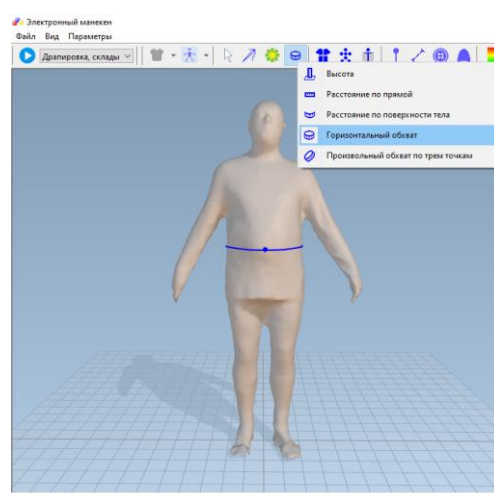


Рис.16. Получение размерных признаков с аватара в модуле «электронный манекен» САПР Julivi

Таблица 3

Результаты обмерных данных виртуальных 3D аватаров в модуле «электронный манекен» САПР Julivi

Наименование размерного признака	Номер размерного признака ГОСТ 31399- 2009	Величина размерного признака, который снят с реальной фигуры человека	Величина размерного признака, аватар 3D ZephyrFree	Погрешность 3D ZephyrFree, (%,см)	Величина размерного признака, аватар MagiScan	Погрешность MagiScan, (%,см)
Высота верхнегрудин-ной точки	2	151,0	152,1	+0,72% +1,1см	151,8	+0,52% +0,8см
Высота точки основания шеи сбоку	4	156	157,3	+0,83% +1,3см	157,0	+0,64% +1см
Высота сосковой точки	6	133	133,5	+0,38% +0,5см	134	+0,75 +1см
Высота линии тали	7	112	112,5	+0,44% +0,5см	113	+0,89% +1,0см
Высота коленной точки	9	54,5	54,5	0% 0см	54,2	-0,55% -0,3см
Высота шейной точки	10	158	159,5	+0,94% +1,5см	159,2	+0,75% +1,2см
Высота подъягодичной складки	12	82,5	83,5	+1,2% +1,0 см	83,0	+0,60% +0,5см
Обхват груди третий	16	112	114	+1,8% +2,0см	113,0	+0,89% +1см
Обхват тали	18	115	116,5	+1,3% +1,5см	115,7	+0,60% +0,7см
Обхват бедер без учета выступа живота	20	117	118,0	+0,85 +1,0см	117,5	+0,42% +0,5см
Обхват бедра	21	55	54,7	-0,5% -0,3см	54,5	-0,9% -0,5см
Обхват колена	22	43,5	44,2	+1,6% +0,7см	44,0	+1,14% +0,5см
Обхват икры	23	43	43,2	+0,08% +0,2см	43,5	+0,21% +0,5см

На основании анализа обмерных данных, полученных бесконтактным способом с помощью модуля «электронный манекен» САПР Julivi, можно сделать вывод, что данный способ является

достаточно точным. Данные полученные в 3D-среде имеют погрешность в интервале 0,2% – 1,6%, что сопоставимо с погрешностью при получении обмерных данных традиционным контактным

способом. Аватар ZephyrFree и аватар MagiScan показали примерно одинаковую точность. Ввиду того, что аватар MagiScan показал наиболее полную и точную 3D-полигональную модель фигуры человека, рекомендовано в дальнейшем проведение сканирования именно с помощью приложения MagiScan.

Выводы. В результате исследований существующих способов получения цифровых копий человека выбран способ получения методом фотограмметрии, ввиду его доступности и простоты использования. В результате эксперимента по 3D-сканированию получены аватары с помощью четырех различных программ. Аватар, полученный с помощью приложения MagiScan, показал наиболее высокую точность сканирования. Экспериментальным путем доказана возможность получения точных антропологических данных с помощью модуля «электронный манекен» САПР julivi на примере аватара, отсканированного в статической позе. Дальнейшее исследование следует продолжить на аватарах, отсканированных в динамической позе. Для анализа и получения большего количества статистических данных следует провести сканирование фигур мужчин в соответствии со стандартами классификации типовых фигур по размерам: 84-88-92-96-100-104-108-112-116-120-124-128 и по ростам: 158-164-170-176-182-188. Такие данные позволят конструктору определить аналитические зависимости изменения конструктивных параметров брюк БОП при различном соотношении угла поворота таза и углом наклона бедра при подъеме ноги в тазобедренном суставе, что в свою очередь позволит разработать новую более эргономичную типовую конструкцию брюк БОП.

Литература

1. Сурженко Е.Я. Теоретические основы и методическое обеспечение эргономического проектирования специальной одежды: Автореф. дис. д-ра техн. наук: 05.19.04 / СПГУТД. – СПб., 2001. – 49 с.
2. Саидова Ш.А. Обзор современных методов проектирования эргономичной одежды / Ш.А. Саидова, И.А. Петросова, Е.Г. Андреева // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – №4;
3. Мачинская Ю. В. Обеспечение эргономической рациональности комбинированных изделий специальной одежды. Вестник ДГТУ. Технические науки. №12, 2007.
4. Петросова И.А., Андреева Е.Г. Разработка технологии трехмерного сканирования для проектирования виртуальных манекенов фигуры человека и 3D-моделей одежды. – М.: МГУДТ, 2015. – 181 с.
5. Андреева Е.Г., Петросова И.А. Методология оценки качества проектных решений одежды в виртуальной трехмерной среде. – М.: МГУДТ, 2015. – 131 с.
6. Петросова И.А., Андреева Е.Г. Анализ методов измерений фигуры человека и систем трехмерного сканирования в легкой промышленности // Дизайн и технологии. 2012, №30 (72). – С.55-59.
7. Петросова И.А., Шанцева О.А., Андреева Е.Г. Оценка соответствия готовой одежды фигуре потребителя в трехмерной среде // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2017, №5 (371). – С.139-142
8. Краснопецев Б.В. Фотограмметрия. – М.: УПП "Репрография" МИИГАиК, 2008. – 160 с.
9. Карманов А.Г., Фотограмметрия, учебное пособие, Санкт-Петербургский Национальный Исследовательский Университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, 2012 г.
10. Назаров А.С., Современные технологии в цифровых фотограмметрических системах, Белорусский Государственный Университет, г. Минск, 2006 г.;
11. Саиди Д.Р., Махмудова Ф.М. Преимущества цифровизации легкой промышленности // Universum: технические науки. — 2020, № 1 (70). — С. 58-60
12. Сидоров С.Г. О повышении эффективности нейросетей в системах моделирования и управления технологическими процессами/ С.Г. Сидоров Ф.Н.Ясинский//Известия вузов. Технология текстильной промышленности.- 2000, №1.— С. 126-129;
13. Дейнека И. Г., Родионова Н. Н., Ермоленко М. В. Анализ влияния конструктивных особенностей боевой одежды пожарных на выполнение оперативно-тактических задач // Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции «Современные тенденции развития химической технологии, промышленной экологии и экологической безопасности» / Минобрнауки РФ; ФГБОУ ВО «С.-Петерб. гос. ун-т промышленных технологий и дизайна»; под общ. ред. Ю.Л. Моревой. — СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2023. — 177 с. — С.39-42
14. Применение 3D сканера в медицинской практике: от сканирования зубов до моделирования протезов // Цветной мир: [сайт]. – 2023. – URL: <https://cvetmir3d.ru/blog/primenenie/primenenie-3d-skanera-v-meditsinskoy-praktike-ot-skanirovaniya-zubov-do-modelirovaniya-protezo-7vimg526524315> (дата обращения: 01.11.2023).
15. Texel Portal BX: официальный сайт Texel. – URL: <https://texel.graphics/ru/3d-scanners/portal-bx/> (дата обращения: 03.11.2023).
16. Texel Portal MX: официальный сайт Texel. – URL: <https://texel.graphics/ru/3d-scanners/portal-mx/> (дата обращения: 03.11.2023).
17. RangeVision Spectrum: официальный сайт RangeVision 3D сканеры. – URL: <https://rangevision.com/products/spectrum/?ysclid=lpqz23xj9a914105548> (дата обращения: 06.11.2023).
18. 3D сканер Planeta3D-600M-4// Интернет магазин офисного оборудования: [сайт]. – 2023. – URL: <https://1-office.ru/catalog/3d-skaner-planeta3d-600m-4/> (дата обращения: 06.11.2023).
19. 3DFlow: официальный сайт 3DFlow. – URL: <https://www.3dflow.net/3df-zephyr-free/> (дата обращения: 08.11.2023).
20. ALICEVISION Photogrammetric Computer Vision Framework: официальный сайт ALICEVISION. – URL: <https://alicevision.org/#> (дата обращения: 08.11.2023).
21. 3D scanner app Powered by AI: официальный сайт 3DMagiScan. – URL: <https://magiscan.app> (дата обращения: 15.11.2023).
22. 3D SCAN UNLIKE ANYTHING BEFORE: официальный сайт KIRI Engine. – URL: <https://www.kiriengine.app> (дата обращения: 15.11.2023).
23. ГОСТ 31399-2009. Классификация типовых фигур мужчин по ростам, размерам и полнотным группам для проектирования одежды : межгосударственный

стандарт: дата введения 2010-06-23 / Федеральное агентство по техническому регулированию. – Изд. официальное. – Москва : Стандартинформ, 2012. – 19 с.

Deineka I.G., Rodionova N.N., Ermolenko M.V.
APPLICATION OF DIGITAL TECHNOLOGIES IN DESIGN FIREFIGHTERS' COMBAT CLOTHING

This article substantiates the need for an anthropological study of emergency rescue units employees of the Ministry of Emergency Situations of the LPR in order to form a digital database of the main working positions of firefighters for developing of a standard design of firefighters' combat clothing. The analysis of currently existing methods for obtaining digital copies of a human figure (avatar) is performed, a method for obtaining an avatar using the photogrammetry method is proposed, the analysis of the obtained anthropometric data based on data from the avatar in a 3D environment using the program "electronic mannequin Julivi" is carried out.

Key words: firefighter's combat clothing; anthropological research; automatic clothing design system; ergonomic design; digital copy of the human figure; 3D scanner; photogrammetry.

Дейнека Иннеса Григорьевна, профессор, доктор технических наук, заведующая кафедрой легкой и пищевой промышленности ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».
E-mail: igdeineka@yandex.ru

Родионова Надежда Николаевна, кандидат педагогических наук, доцент кафедры легкой и пищевой промышленности ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».
E-mail: n.n.rodionova@mail.ru

Ермоленко Марина Вадимовна, аспирант 2-го курса направления подготовки 20.06.01 – Техносферная безопасность ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».
E-mail: marina.ermolenko200@mail.ru

Deyneka Innesa Grigoryevna, Professor, Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Light and Food Industry «LSU named after V. Dahl».

Rodionova Nadezhda Nikolaevna, PhD (Pedagogy), Associate Professor of the Department of Light and Food Industry, «LSU named after V. Dahl».

Ermolenko Marina Vadimovna, 2d year of training post-graduate student, educational program 20.06.01 – Technospheric safety «LSU named after V. Dahl».

Рецензент: Витренко Владимир Алексеевич, доктор технических наук, профессор, проректор по научной работе и инновационной деятельности ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 18.12.2023

УДК 378.147

ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ НАСТАВНИЧЕСТВА В КОНТЕКСТЕ МНОГОУРОВНЕВОЙ ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ СРЕДНЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Димитриев А. С.

ORGANIZATION OF A MENTORING SYSTEM IN THE CONTEXT OF MULTI-LEVEL TRAINING OF TEACHING STAFF OF EDUCATIONAL ORGANIZATIONS OF SECONDARY VOCATIONAL EDUCATION

Dimitriev A. S.

Актуальность данного исследования обусловлена потребностью во внедрении и реализации системы наставничества. Наставничество представлено в качестве одной из наиболее эффективной модели подготовки квалифицированных специалистов. В условиях активного развития потенциальными работодателями выдвигаются требования к качественной подготовке будущих специалистов в. Для решения такой задачи образовательным организациям среднего профессионального образования предлагается применить практики наставничества, которые позволили бы осуществлять подготовку конкурентоспособных профессиональных работников.

Ключевые слова: система наставничества, интегрированная образовательная программа, образовательный уровень, профессиональное образование, специалист.

Введение. В статье рассматриваются различные формы наставничества, способствующие эффективной подготовке кадров, выявляются преимущества применения системы наставничества в образовательной организации. В заключении сформулированы направления для развития методической и педагогической работы по внедрению различных форм и элементов системы наставничества при реализации образовательного процесса в контексте многоуровневой подготовки кадров.

Современное образование направлено, прежде всего, на качественную подготовку специалистов, готовых выполнять сложные трудовые функции в рамках осуществления профессиональной деятельности, что требует от педагогов и образовательных организаций реализации новых образовательных моделей. Интенсивное развитие технологий, промышленности, появление новых форм производства в обществе предполагает, что человек, выбравший для себя определенную сферу деятельности, будет непрерывно обучаться,

расширять знания в своей области, осваивать новые образовательные программы, постоянно совершенствоваться. Такие запросы к подготовке специалистов вынуждают развивать интегрированное обучение, которое бы давало возможность воспитывать специалиста, полностью реализующего свой потенциал [1, с. 17-23].

Понятие «наставничество» появилось вместе с развитием педагогики. На рубеже XIX–XX вв. теоретическое обоснование наставничества можно встретить в трудах таких известных педагогов, как О.В.Башарина, Н.А. Корф, С.А. Рачинский, Л.Н. Модзалевский, Д.И. Тихомиров и др.

К.Д. Ушинский, выдающийся русский педагог говорил, что учитель не может опираться на свой практический опыт воспитательной деятельности, это делает из педагога машину, которая лишь может задавать уроки и спрашивать их. Теоретические знания и опыт должны не замещать, а дополнять друг друга.

В XX веке, ученые уделяют внимание наставничеству как необходимому элементу профессионального воспитания. В работах С.Г. Вершловского, А.С. Батышева, А.Р. Масалимовой и др. теоретически обоснована обязательность поддержки студентов, которая позволяет воспитать молодых специалистов.

Развитие общества, экономический рост и преобразования в XXI в. вынуждают снова обратиться к опыту наставничества в процессе образования новых поколений. В 2017 г. премьер-министром РФ Д.А. Медведевым было поддержано создание общероссийской системы наставничества [4]. На Всероссийском форуме «Наставник-2018» В.В. Путин отметил, что в условиях борьбы за интеллектуальные ресурсы необходимо прилагать усилия для поддержки талантливых молодых людей в их профессиональном становлении. Президент подчеркнул приоритетность наставничества в подготовке будущих специалистов.

Наставничество – одна наиболее эффективных моделей обучения, предполагающая передачу накопленных знаний, умений и положительного опыта в тесном взаимодействии наставника и сопровождаемого [3, с. 4-18].

Программа наставничества – комплекс мероприятий и формирующих их действий, направленный на организацию взаимоотношений наставника и наставляемого в конкретных формах для получения ожидаемых результатов. При этом, данная форма обучения подразумевает развитие личности, его становление и в профессиональной, и в общественной среде, при наставничестве помимо

необходимых и значимых для будущего специалиста навыков, студент перенимает ценностные установки, позитивный опыт, этические понятия. В целом, можно сказать, что именно наставничество позволяет сформировать компетентного специалиста, обладающего достаточным уровнем не только профессиональных знаний, но и других значимых качеств, например, нацеленности на непрерывное развитие, осознанности в вопросах обучения и самореализации.

Автором рассмотрены принципы внедрения различных форм наставничества при подготовке высококвалифицированных специалистов, в рамках реализации многоуровневой интегрированной образовательной программы, нацеленной на внедрение многоуровневой системы наставничества, позволяющей осваивать образовательные программы разного уровня при подготовке рабочих кадров. Следует отметить, что образовательная организация среднего профессионального образования должна обеспечить не только формальную преемственность уровней образования, но и содержательную преемственность образовательных программ на разных уровнях, что позволит исключить так называемую проблему образовательных дефицитов и профицитов, возникновение которых препятствует эффективному освоению образовательных программ нового уровня среднего профессионального образования.

В качестве методов исследования выступают: анализ научных источников; анализ законодательства и методических материалов в сфере образования; сравнение; индукция; дедукция; синтез.

Многоуровневая (интегрированная) образовательная программа объединяет все уровни подготовки будущих специалистов, с повышением каждого из которых не утрачиваются знания, приобретенные ранее, и приобретаются новые, значимые для профессиональной деятельности, что достигается за счет содержательной интеграции всех элементов образовательной программы каждого уровня образования. Данное определение справедливо, если такая образовательная программа реализуется в рамках одной образовательной организации, т.е. в рамках многоуровневого

образовательного комплекса или единой педагогической системы. Это, в свою очередь, предполагает, что студент может проходить подготовку по данному направлению подготовки (специальности) на том уровне, который его интересует, а при желании повысить свою квалификацию может переходить на более высокий уровень образования. Многоуровневая образовательная программа позволяет осуществлять подготовку специалистов непрерывно с повышением уровня квалификации.

Именно для того, чтобы студент мог проходить профессиональную подготовку разного уровня без потери целостности образования и дефицита знаний создается не только интегрированная многоуровневая образовательная программа подготовки кадров, но и система наставничества, которая позволит пройти необходимый уровень с максимальной эффективностью.

Если человек решит повысить свой уровень образования, система наставничества позволит ему успешно перейти на следующую ступень получения образования. Многоуровневая система наставничества – это программа, направленная на создание условий для студентов, способствующих успешному освоению интегрированных многоуровневых образовательных программ подготовки. Такая система поддержки студентов предполагает, что на каждом образовательном уровне студент получает сопровождение непрерывно, с сохранением преемственности наставничества.

Для эффективного внедрения такой системы наставничества, необходимо реализовать различные формы взаимодействия между педагогом и студентами. Возможна организация сопровождения студентов следующим образом: в традиционной форме взаимодействие «преподаватель – студент», которая предполагает сопровождение наставником студента персонифицировано.

Такое руководство подопечным определяет индивидуальную образовательную траекторию, выявляет таланты студента, описывает круг его интересов, ориентирует в осваиваемой профессии.

Форма «студент-студент», предполагает наставничество студентов более высокого уровня над студентами предыдущего образовательного уровня. Такое наставничество может быть и краткосрочным, например, на время проводимых мероприятий, и более длительным, что позволит младшим студентам видеть перспективы своего обучения и профессионального развития.

Форма наставничества «студент-преподаватель» является реверсивной и предполагает обращение педагогических работников к студентам по вопросам, которые для преподавателей являются новыми или еще неизученными, например, в области современных информационных технологий, в работе с электронной информационно-образовательной

средой. А также, такая связь между педагогом и студентами поможет лучше узнать о потребностях студента, о его интересах, позволит преподавателю скорректировать рабочую программу преподаваемой дисциплины (модуля, практики) в соответствии с актуальной повесткой.

Само наставничество часто реализуется посредством неформальной коммуникации, и реверсивная форма как нельзя лучше для этого подходит.

Наиболее значимой для становления будущего специалиста является такая форма наставничества, как «работодатель - преподаватель-студент». В таком случае происходит практико-ориентированное обучение, позволяющее будущему специалисту обрести все необходимые для профессиональной деятельности компетенции. Колледж создает условия для адаптации выпускника к профессиональной деятельности, оказывает помощь в профессиональном становлении, тем самым несет перед работодателем ответственность за качество подготовки специалистов. Также, мы можем отметить, что подобное практико-ориентированное обучение позволяет студентам увидеть возможности карьерного роста, выявить для себя необходимость более глубокого освоения образовательной программы, получения дополнительного образования, перехода на более высокий уровень обучения.

Образовательная организация среднего профессионального образования способствует быстрому вливанию молодых специалистов на производство, карьерному успеху своих выпускников, снижению оттока кадров в профессиональной среде. Тесное сотрудничество с работодателями позволяет колледжам своевременно реагировать на изменения, инновации, происходящие в профессиональной среде, в соответствии с новшествами актуализировать свои образовательные программы, происходит совершенствование качества подготовки специалистов. Таким образом, будущий специалист благодаря системе наставничества осваивает инновационные компетенции, знакомится со спецификой выбранной им профессии.

Наставничество предполагает инновационные методы взаимодействия между преподавателем и студентом, что, конечно же, способствует более эффективному развитию будущего специалиста.

Проектная деятельность, кейсы, интерактивные занятия, междисциплинарные семинары – всё это развивает самостоятельность студента, выявляет его способности, готовит его к активной профессиональной жизни [5, с.20].

Помимо этого, наставничество позволяет реализовать программы воспитательной работы со студентами, особенно это важно на первых курсах обучения, когда молодые люди только определяют свою образовательную траекторию. Многоуровневая поддержка студентов позволяет

им осознанно выбирать свой профессиональный путь и стимулирует к повышению своего образовательного уровня.

Студент чувствует поддержку не только преподавателей, но и старших товарищей, видит заинтересованность потенциального работодателя. Для преподавателей вовлечение в наставничество предполагает создание комфортных отношений, как со студентами, так и с коллегами, которые участвуют в непрерывном сопровождении студентов.

Повышается уровень стрессоустойчивости не только у наставляемых, но и у наставников, сглаживаются конфликтные ситуации в процессе работы, снижается однотипность и монотонность выполняемых задач, уровень профессионального и эмоционального выгорания падает, что ярко отражает значимость учета в образовательном процессе психолого-педагогического аспекта.

Эффективная работа системы наставничества позволяет не только реализовать личностный и профессиональный потенциал участников, но и способствует поддержанию психологического здоровья сотрудников и студентов.

Наставничество способствует развитию общих компетенций и т.н. «гибких навыков», которые также значимы в становлении будущего специалиста. Развитие общих компетенций позволяет человеку становиться полноценным членом общества. Развитие компетенций продолжается в рамках освоения универсальных и общепрофессиональных компетенций образовательных программ.

Таким образом, можно проследить преемственность в поддержке студентов, которые получают сопровождение, позволяющее им получать и развивать необходимые компетенции на разных образовательных уровнях непрерывно [6, с. 124].

Поэтому, для организации системы наставничества при реализации многоуровневых образовательных программ необходимо привлекать преподавателей общегуманитарных дисциплин, которые смогут развивать на своих занятиях систему поддержки студентов, создавать благоприятную психологическую атмосферу в коллективе, воспитывать в будущих специалистах стремление к непрерывному обучению.

Таким образом, во внедрении многоуровневой системы наставничества, в тесном сотрудничестве с работодателем видятся положительные моменты для всех участников образовательного процесса. Колледж, способствуя адаптации своих будущих выпускников в профессиональной среде повышает количество трудоустроенных по специальности студентов, укрепляет свои связи с реальным сектором экономики, имеет возможность совершенствовать свои образовательные программы в соответствии с передовыми технологиями в каждой отрасли.

Сотрудничество с предприятиями также предоставляет возможность использования материально-технической базы работодателей.

Для потенциального работодателя видится преимущество, прежде всего, в виде снижения затрат на поиск молодых специалистов, их адаптацию на своем предприятии. При отсутствии интегрированных подходов, работодатель вынужден обучать молодого специалиста самостоятельно и за счет собственных ресурсов. Зачастую, профессиональные навыки и умения выпускника не получают должной оценки или его уровень профессиональной компетентности не соответствует профессиональной деятельности.

Это приводит к отсутствию мотивации к работе, разочарованию в своей профессии, как следствие, оттоку молодых специалистов.

Литература

1. Алиева С.В. Роль наставничества в профессиональном становлении молодого специалиста / С.В. Алиева, Р.А. Мардахасев // Вестник экспертного совета. - 2021. - № 3(26). - с.17-23.
2. Башарина О.В. Теоретические основы проблемы кадрового обеспечения региональной экономики / О.В. Башарина // Инновационное развитие профессионального образования. - 2018. - № 2(18). - с. 19-28.
3. Блинов, В.И. Наставничество в образовании: нужен хорошо заточенный инструмент / В.И. Блинов, Е.Ю. Есенина, И.С. Сергеев // Профессиональное образование и рынок труда. - 2019. - № 3. - с. 4-18.
4. «Единая Россия» предложила создать федеральную систему наставничества [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://polit.ru/news/2017/05/15/mentors/>
5. Кочергина Г.Д. Вовлечение обучающихся организаций, осуществляющих образовательную деятельность по дополнительным общеобразовательным программам, в различные формы сопровождения, наставничества и шефства: методические рекомендации / Г.Д. Кочергина. - Смоленск: ГАУ ДПО СОИРО, 2019. – 20 с.

6. Лучшие практики наставничества в образовательных организациях: сборник методических материалов / Ж.М. Яхтанигова, Е.В. Чуприкова, К.С. Лагода, Е.А. Фатнева; под ред. Е.Н. Мясичевой. - Белгород: ОГАОУ ДПО «БелиРО», 2021. - 124 с.

Dimitriev A.S.

ORGANIZATION OF A MENTORING SYSTEM IN THE CONTEXT OF MULTI-LEVEL TRAINING OF TEACHING STAFF OF EDUCATIONAL ORGANIZATIONS OF SECONDARY VOCATIONAL EDUCATION

The relevance of this study is due to the need for the introduction and implementation of a mentoring system at various educational levels. Mentoring is presented as one of the most effective models for training qualified specialists. In the conditions of active development, potential employers put forward requirements for the quality training of future specialists. To solve this problem, educational organizations of secondary vocational education are invited to apply mentoring practices that would allow training competitive professional workers.

Keywords: mentoring system, integrated educational program, educational level, professional education, specialist.

Димитриев Андрей Степанович, кандидат педагогических наук, доцент, директор ГОУ СПО ЛНР «Луганский технологический колледж».

E-mail: lp1tdo@mail.ru

Dimitriev Andrey Stepanovich, candidate of pedagogical sciences, associate professor, director of the GOU SPO LNR Lugansk technological college.

Резидент: Белых Александр Сергеевич, доктор педагогических наук, профессор кафедры педагогики ФГБОУ ВО «Луганский государственный педагогический университет».

Статья подана 30.11.2023

УДК 377.1

ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ ГРАЖДАНСКО-ПАТРИОТИЧЕСКОГО ВОСПИТАНИЯ СТУДЕНТОВ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ СРЕДНЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ИНТЕРНЕТ-ТЕХНОЛОГИЙ

Димитриева О. А.

THE MAIN ASPECTS OF CIVIL AND PATRIOTIC EDUCATION OF STUDENTS OF EDUCATIONAL INSTITUTIONS OF SECONDARY VOCATIONAL EDUCATION WHEN USING INTERNET TECHNOLOGIES

Dimitrieva O. A.

В статье рассматриваются основные аспекты гражданско - патриотического воспитания современной молодежи, подчеркивается важность традиционной системы образования, в рамках которой происходит первичная социализация студентов и закладываются основы воспитания духовно-нравственной и государственно-ориентированной личности. На основе имеющихся результатов проведенных социологических исследований сделан вывод о том, что существующая система патриотического воспитания должна выстраиваться с учетом различных возрастных групп молодежи и охватывать не только историческое наследие и популяризацию официальной государственной символики, но и другие патриотические ориентиры, направленные на формирование созидательного мировоззрения в системе вторичной социализации.

Статья также включает анализ возможностей применения интернет-технологий в гражданско-патриотическом воспитании современных подростков и молодежи в России.

Ключевые слова: гражданско-патриотическое воспитание, интернет-технологии, молодежь, современное российское молодое поколение.

Введение. Изменения в обществе и культуре в настоящее время сделали гражданско-патриотическое воспитание одной из основных задач государства, неотъемлемым условием стабильности страны. Патриотизм, который целенаправленно выращивается среди молодого поколения, является важной составной частью их духовно-нравственной основы, способствует формированию гражданской позиции и желанию служить Родине с достоинством и самоотверженностью [1, с. 27-29].

Не является секретом, что в современной российской молодежной среде существуют антипатриотические, протестные и даже экстремистские настроения, что неминуемо оказывает дестабилизирующее и разрушительное

воздействие на общество, и государственную целостность в долгосрочной перспективе. Слабое гражданское самосознание, отсутствие четкой позиции и стойкой любви к Родине и отсутствие чувства сопричастности к событиям в стране позволяют манипулировать молодежью в антипатриотическом направлении [1, с. 27-29].

Множество социологических исследований, проводимых в разных городах России, подтверждают это. Опросы, в основном, проводятся среди молодых граждан в возрасте от 14 до 30 лет. Например, на вопрос "Можно ли одновременно любить свою Родину и ненавидеть свое государство?" более половины опрошенных, соглашались. Заметно, что с возрастом молодые люди все более распадаются в своем патриотическом сознании [2, с. 2-4].

Вероятно, причиной этого является то, что период обучения в колледже является особым временем для организации патриотического воспитания. Однако период студенчества предоставляет новые возможности для развития и самореализации, и несет в себе определенные опасности. С одной стороны, современные молодые люди имеют большую информированность и активное участие в политических событиях в стране и регионе. С другой стороны, процессы демократизации и многопартийности создают определенные сложности в понимании сути патриотизма молодым поколением. Кроме того, современная молодежь не проходит той же школы патриотического воспитания, что и предшествующие поколения [3, с. 385].

В последнее время развитие патриотизма и гражданственности среди студентов образовательных организаций среднего профессионального образования было признано важной задачей государственной политики. Все больше признается, что патриотизм является

фундаментом духовной сущности общества и укрепляет государство. Огромная значимость патриотического воспитания была неоднократно подчеркнута Президентом Российской Федерации Владимиром Путиным. Он утверждает, что сохранение памяти о важных событиях прошлого, предотвращение исторических фальсификаций и патриотическое воспитание молодежи всегда должны привлекать наше внимание. В последние годы было принято несколько ценных нормативно-правовых актов, которые касаются патриотического воспитания молодежи. В Федеральном законе "Об образовании в Российской Федерации" были внесены изменения, чтобы укрепить роль духовно-нравственного воспитания в формировании гражданской позиции. Стратегия развития воспитания в Российской Федерации до 2025 года также подчеркивает важность передачи традиционных российских ценностей молодому поколению и приобретения знаний и навыков, необходимых для реализации их потенциала и готовности к мирному развитию и защите России. В Федеральном законе "О молодежной политике в Российской Федерации" огромное значение отводится воспитанию гражданства, патриотизма, продолжению традиций и уважению к истории России и традициям народов страны. Однако, не достаточно ориентироваться только на политику исторической памяти и на официальные государственные символы при формировании системы патриотического воспитания в образовательных организациях среднего профессионального образования, особенно когда речь идет о студентах первокурсниках. Исследования показывают, что историческая память и российские ценности успешно передаются в рамках системы образования. Однако, необходимо признать, что исторические события не могут бесконечно поддерживать патриотические чувства у студенческой молодежи. Современная молодежь нуждается в разнообразных патриотических ориентирах, которые помогут формированию конструктивного мировоззрения и государственно-ориентированной личности в процессе социализации. Одной из причин данной ситуации является то, что современные дети выросли в среде цифровой реальности, которая полностью изменяет традиционные формы общения и досуга. Именно поэтому нельзя пренебрегать прогрессивными технологиями, которые открывают новые возможности для патриотического воспитания детей и молодежи в цифровом мире с учетом индивидуальных особенностей.

В последние годы государство активно поддерживает социально-значимые проекты, направленные на изучение условий и факторов формирования гражданского и патриотического воспитания молодежи через интернет-технологии как эффективный канал коммуникации. Эти проекты включают исследование условий и

факторов формирования патриотического воспитания в современной России и использование интернет-технологий в качестве одного из эффективных направлений гражданско-патриотического воспитания молодежи.

Такие проекты включают проведение комплексных социологических исследований с использованием анкетных и экспертных опросов, кабинетного исследования, а также разработку интернет-сайтов с патриотической направленностью, используя передовые технологии визуализации и широкое проникновение в молодежную интернет-среду. Это является одним из перспективных и эффективных направлений работы со студенческой молодежью.

Эти исследования позволяют обнаружить условия и аспекты, воздействующие на становление патриотических ценностей у нынешней молодежи, а также идентифицировать функцию интернет-коммуникаций в структурировании гражданско-патриотического подсознания молодых людей. В процессе реализации таких проектов осуществляются исследования, которые помогают собрать и систематизировать наработанный опыт, выявить основополагающие условия и компоненты, воздействующие на формирование гражданско-патриотических ценностей у студентов образовательных организаций среднего профессионального образования, а также обозначить направления использования интернет-технологий для гражданско-патриотического воспитания подрастающего поколения.

Для достижения данных целей проводится анализ нормативно-правовой базы, изучается содержание региональных программ гражданско-патриотического образования, а также привлекаются данные официальной статистики и результаты предыдущих социологических исследований. Дополнительно происходит мониторинг деятельности органов исполнительной власти и местного самоуправления, а также изучаются материалы СМИ и интернет-источников, касающиеся гражданско-патриотического воспитания молодежи. На основе проведенного анализа формулируются рекомендации по совершенствованию системы гражданско-патриотического воспитания молодежи.

Статус гражданско-патриотического воспитания в СМИ и в интернете в настоящее время связан главным образом с официальными программами и законодательством. Основное внимание уделяется гражданско-патриотическому воспитанию в сфере образования, причем патриотизм рассматривается преимущественно как часть национальной идеи. Наибольшее количество статей посвящено воспитанию молодежи через реализацию государственно-молодежной политики и воспитанию в семье. Однако тема практической реализации патриотизма меньше всего освещена.

Из мониторинга СМИ и интернет-источников следует, что материалы, направленные на гражданско-патриотическое воспитание, регулярно появляются, и СМИ с удовольствием освещают такие темы. Однако следует отметить, что потенциал интернет-СМИ используется недостаточно. Для эффективного гражданско-патриотического воспитания молодежи нужно задействовать интерактивные и гипертекстовые возможности интернета, что позволит использовать инновационные формы взаимодействия с молодежью и повысит эффективность проводимых мероприятий.

Результаты количественных социологических исследований показывают, что большинство молодых людей считают себя патриотами, и вся молодежь потенциально готова быть патриотами, но требуется более активное взаимодействие и работа с ними.

Среди различных направлений патриотического воспитания, влияющих на молодежь, особое влияние имеют встречи с ветеранами войн и пример семьи и друзей. Особенно впечатляющими для молодежи являются встречи с ветеранами войн. При обсуждении, чем молодые люди могут гордиться как граждане России, великое большинство назвало "Победу России в Великой Отечественной войне".

С учетом того, что почти все молодые люди имеют аккаунты в соцсетях и проводят в интернете несколько часов в день, интернет-коммуникация становится уникальным каналом общения с молодежью. Однако для эффективного использования интернета в гражданско-патриотическом воспитании необходимо разработать соответствующие методы общения, которые будут интересными, игровыми и увлекательными.

Эксперты в данной сфере практически единогласно считают, что наиболее актуальными проблемами для молодежи являются доступность качественного образования и последующего трудоустройства по специальности, организация досуга, а также обеспечение доступного жилья для молодых семей. В редких случаях упоминаются также другие проблемы, такие как алкоголизм, наркомания, низкий уровень интеллекта, грамотности, безнравственность, бездуховность и отсутствие желания к труду.

Экспертное сообщество единодушно согласно в том, что эффективное гражданско-патриотическое воспитание молодежи, прежде всего зависит от действий государства, федеральных и региональных властей, а во вторую очередь от общества, семьи и образовательных организаций.

Одинаково многие эксперты также поддерживают идею использования интернет-коммуникаций как важного средства гражданско-патриотического воспитания молодежи в современном обществе. Эти специалисты считают

использование интернет-технологий в рамках гражданско-патриотического воспитания перспективным и целесообразным. Следует продолжать развивать и внедрять данную технологию. Однако необходимо использовать интернет-коммуникацию как дополнительный канал, поскольку оживленное общение и живой пример являются более эффективными и должны быть приоритетными [4, с. 450].

У нас должны быть созданы и развиты интернет-сайты с историко-патриотическим содержанием, в процессе которых необходимо привлекать большое количество заинтересованных специалистов, сотрудников музеев и просто людей, заботящихся о будущем страны.

Параллельно можно развивать еще один эффективный инструмент привлечения внимания студенческой молодежи к гражданско-патриотическому воспитанию – социальные сети, где можно создавать различные группы с историко-патриотической направленностью. Продвижение гражданско-патриотического воспитания через социальные сети может быть более эффективным, чем создание сайта, благодаря стабильно высокой посещаемости и отсутствию спада интереса [5, с. 246].

Таким образом, системное, многоаспектное и одновременное адресное гражданско-патриотическое воспитание студентов образовательных организаций среднего профессионального образования должно учитывать потенциал современных информационно-коммуникационных технологий и охватывать всех молодых людей, независимо от их возраста.

Безусловно доказано, что интернет – коммуникация – это уникальная возможность взаимодействия с современной молодежью, однако нужно находить формы и методы, которые бы позволили бы эффективно использовать интернет в процессе гражданско-патриотического воспитания студентов. Те методы, которые в основном используются в настоящее время, не актуальны, не интересны и не привлекательны для студентов. Однако нужно понимать, что ничто не заменит живого общения, поэтому интернет – коммуникацию следует использовать как дополнительный канал взаимодействия с молодежью, а основной упор делать на личный пример.

Литература

1. Денисенко Л. И., Развитие профессиональных способностей учащихся ПТУ в процессе гражданско-патриотического воспитания /Л. И. Денисенко // Трудовое и профессиональное обучение. - Москва, 2020. - с. 27-29.
2. Коберник А., Урок гражданско-патриотического воспитания в условиях проектно-технологической системы / А. Коберник // Трудовая подготовка в учебных заведениях. - № 1. -2019. - с. 2-4.
3. Плотников П.В., Основные направления воспитательной работы с молодежью в системе образования: Реферативный сборник по выполнению самостоятельных работ для студентов, магистрантов,

аспирантов различных специальностей вузов по курсам: «Педагогика и психология высшей школы», «Основы педагогики и психологии», «Педагогика», «Психология», «Методика воспитательной работы». /Сост. Плотников П.В. - Донецк: ДонНУ, 2019. - 385 с.

4. Демченко П.В., Педагогика: учебное пособие/ ред. Н. Д. Ярмаченка.- М.: шк. Головное изд-во, 2020. - 450 с.

5. Психолого - педагогические основы формирования личности учащегося профтехучилища / Н. Ф. Гейжан, М. К. Андреева, А. Н. Мороз, - Х.Юснова, 2019. - 246 с.

Dimitrieva O.A.

FEATURES OF PATRIOTIC EDUCATION OF STUDENTS OF EDUCATIONAL ORGANIZATIONS OF SECONDARY VOCATIONAL EDUCATION OF THE LUHANSK PEOPLE'S REPUBLIC

The article examines the main aspects of civic and patriotic education of modern youth, emphasizes the importance of the traditional education system, within which the primary socialization of students takes place and the foundations of the upbringing of a spiritual, moral and state-oriented personality are laid. Based on the available results of the conducted sociological research, it is concluded that the existing system of patriotic education should be built taking

into account different age groups of young people and cover not only the historical heritage and the popularization of official state symbols, but also other patriotic guidelines aimed at the formation of a creative worldview in the system of secondary socialization.

The article also includes an analysis of the possibilities of using Internet technologies in the civic and patriotic education of modern teenagers and young people in Russia.

Keywords: civic and patriotic education, Internet technologies, youth, modern Russian young generation.

Димитриева Ольга Александровна, преподаватель дисциплин общепрофессионального и профессионального циклов ГОУ СПО ЛНР «Луганский технологический колледж».

Dimitrieva Olga Alexandrovna, teacher of disciplines of general professional and professional cycles of the Lugansk Technological College.

Резидент: Белых Александр Сергеевич, доктор педагогических наук, профессор кафедры педагогики ФГБОУ ВО «Луганский государственный педагогический университет».

Статья подана 30.11.2023

УДК 330.341

ОСНОВОПОЛАГАЮЩИЕ ПРИНЦИПЫ ГУМАНИЗАЦИИ ОБЩЕСТВА И ИНТЕНСИФИКАЦИИ ЭКОНОМИКИ ПРОИЗВОДСТВА

Линник В. С., Ильин В. Ю., Ильина Е. В., Канаева Л. Е.

FUNDAMENTAL PRINCIPLES OF HUMANIZATION OF SOCIETY AND INTENSIFICATION OF THE ECONOMY OF PRODUCTION

Linnik V. S., Ilin V. Y., Ilina E. V., Kanaeva L. E.

В статье описаны особенности интенсификации и повышения рентабельности производства, которые лежат в основе производства любого вида продукции. Рассмотрены экономические и философские взгляды выдающихся ученых и государственных деятелей относительно познаний о сущности бытия. Доказано, что люди могут изменить внешние аспекты своей жизни позитивными мыслями и поступками, изменяя свой внутренний настрой.

Сделаны выводы о том, что гуманитарные ценности и правила являются основой успешного развития не только экономики, но и личности, и коллектива производственного предприятия любого государства в целом. Они в совокупности обеспечивают прогресс, гармоничное развитие и коммуникацию людей, прибыльное производство, комфортное потребление и в целом процветающую экономику в любой отрасли народного хозяйства.

Ключевые слова: бизнес, государство, гуманитарные ценности, предприятие, прибыльность, производство, интенсификация, рентабельность, экономика.

Введение. Интенсификация и повышение рентабельности лежит в основе производства любого вида продукции, является смыслом и основой успешной деятельности бизнеса. Как известно, производители товаров и услуг ставят себе цель: более полно удовлетворять возрастающий спрос в контексте повышения требовательности потребителя к качеству товара. В этом плане актуальными являются и увеличение количества, и расширение ассортимента, и повышение качества продукции, и улучшение дизайна, и расширение функциональности товаров, и удлинение сроков и надежности эксплуатации и ряд других требований, успешное решение которых в совокупности обеспечивает высокую прибыльность производства [1].

При этом в центре внимания производителя товаров и услуг должна быть идея понимания возрастающих потребностей человека к количеству, качеству и ассортименту товаров и услуг, а также организация прибыльного производства продукции для практического и возможно более полного их удовлетворения.

Анализ последних исследований и публикаций. Анализ многочисленных литературных источников, афоризмов выдающихся научных и политических деятелей и всевозможных религиозных трактатов свидетельствует о том, что еще со времен древнегреческих и китайских философов человечеству известно, что забота и служение людям это величайшие в жизни добродетели, а эгоизм и равнодушие – величайшие их недостатки.

Интересно отметить, что эта основополагающая успешного сосуществования различных сообществ людей и народов идея развивалась в разных формах многими выдающимися учеными и государственными деятелями, такими как, например, философ Фрэнсис Бэкон [2], президенты Томас Джефферсон, Дж. Вашингтон, Авраам Линкольн [3], а также выдающиеся поэты и писатели Александр Сергеевич Пушкин, Иоганн Вольфганг Гете [4], Виктор Гюго [5], Лев Толстой, Федор Достоевский и другими.

Однако, несмотря на значительную изученность проблем гуманизации общества и интенсификации экономики производства, необходимо отметить неполноту решения этих задач, что и явилось побудительным мотивом к более детальному рассмотрению этих вопросов.

Цель исследования состоит в том, что безудержная капитализация экономики, особенно в постсоветских странах и республиках после распада СССР, перевод производства от плановой экономики к рыночным условиям производства и реализации товаров и услуг привели к тому, что отдельные коммерческие структуры в своей деятельности поставили во главу угла получение сверхприбыли любой ценой. Для этого они

применяют множество разнообразных, порой нечестных приемов и способов. Такой бизнес по своей сути является антигуманным и не может в принципе привести ни человека, ни предприятие, ни общество в целом к гармоничному существованию.

Материалы и результаты исследования.

Постоянная забота о человеке и более полное удовлетворение его потребностей должны быть основой жизнедеятельности и движущей силой любого бизнеса эта идея проходит красной нитью и является философией деятельности большинства как малых предприятий, так и крупных бизнес-империй, а также присутствует в высказываниях крупных ученых, политиков, руководителей государств, писателей, религиозных и общественных деятелей [14].

С самых давних времен и до сегодняшних дней, человек пытается найти возможности углубления, расширения знаний о сущности природы, бытия сообществ и передачи накопленного опыта последующим поколениям людей. Именно это и отличает человека разумного от животных [11].

На протяжении многих веков люди накапливали и систематизировали знания в различных областях, записывали их доступными средствами, тогда как животные были вынуждены каждый раз приобретать их методом проб и ошибок на собственном жизненном опыте (за исключением врожденных инстинктов). Они понимали, что их приобретенный многолетний жизненный опыт (как положительный, так порой горький, а иногда и трагический) позволит последующим поколениям бизнесменов и экономистов предугадывать и прогнозировать вероятное направление развития будущего спроса на товары и услуги и планировать его удовлетворение.

В подтверждение этих мыслей можно обратиться к высказываниям и постулатам некоторых древнегреческих философов. В своих трудах они опровергали бытовавшее до этого времени утверждение о том, что жизнью на земле управляет некий слепой случай. Напротив, они доказывали, что во Вселенной существует строгий порядок, действуют физические, химические, социальные и другие законы, являющиеся постоянными, предсказуемыми и поддающимися оценке, и их можно изучать и записывать [13, 17].

Это понимание привело к необходимости интенсивного поиска и расширения знаний о сущности и природе современных явлений, событий и взаимоотношений в человеческих сообществах. Так, например, древние греки представляли себе жизнь в виде мозаики или своеобразных пазлов, из которых можно собрать некоторое изображение картины мира, и на этой гигантской панораме можно найти и увидеть ответы на все явления, происходящие во Вселенной.

Приверженцем этой теории являлся Аристотель, последовательно работавший в ряде отраслей наук, начиная от астрологии, философии, экономики и до теологии, психологии, этики,

политики, эстетики и метафизики. Он утверждал, что неизученная и непознанная жизнь ничего не стоит для последующих поколений людей. Он всячески стремился к расширению и углублению познаний о сущности бытия. И этот выдающийся ученый на вопрос: «Какова цель жизни?», ответил: «Служить другим людям и делать добро» [15]. Не это ли утверждение является целью, смыслом и залогом успешной деятельности и процветания любого бизнеса во все времена?

Утверждениям Аристотеля в этом плане вторил великий китайский философ Конфуций, который утверждал, что успех человеческих взаимоотношений состоит в заботе и сострадании и подтверждал это следующим постулатом: «не делай другим того, чего не хотел бы испытать сам». Подобные высказывания можно встретить также и в Библии, наиболее сильно и продолжительно влияющей на сознание человеческих сообществ, в частности, посредством заповеди: «Любите друг друга так же, как Я любил вас» [8].

Так, например, Авраам Линкольн сказал: «Когда я делаю добро, я чувствую себя хорошо, когда я поступаю плохо, я чувствую себя плохо. Вот моя религия» [11]. А выдающийся русский писатель Лев Толстой провозглашал: «Главное предназначение каждого человека служить другим людям».

В различные времена многие великие люди различных стран и вероисповеданий, принадлежавшие к самым разным сферам человеческого бытия, развивали и донесли эту идею до наших дней. Так, например, в биографических записках Бернарда Шоу имеется утверждение автора: «Я должен жить для них, а не для себя». Он развивал эту мысль в следующем направлении: «Настоящее счастье приходит от чувства внутреннего довольства, которое в свою очередь достигается благодаря развитию человеколюбия, любви и сострадания и благодаря уничтожению в себе гнева, себялюбия и жадности» [7].

Когда Альберту Эйнштейну, одному из ярчайших мыслителей XX века, задали вопрос о сущности жизни, он ответил так: «Я должен жить для других, а не для себя; достойна только та жизнь, которая прожита ради других людей». Аналогичное утверждение присутствует и в высказываниях знаменитого борца за права афроамериканцев пастора Мартина Лютера Кинга: «Самый настоящий и насущный вопрос, который задает нам жизнь, звучит так: что ты делаешь для других людей?». И в своей практической деятельности он последовательно следовал этому утверждению – боролся за права людей.

Нужно подчеркнуть, что забота о человеке, сообществе, народе это не отвлеченное философское понятие, а динамичный процесс, который преобразует сознание и деятельность людей, корпораций, стран и, наконец, весь мир. Видный политический деятель США Франк Э. Мосс утверждал: «Будь то отдельная личность или целый

народ, лучшую службу себе можно сослужить только тогда, когда отречешься от себя» [6].

Историк Арнольд Тойнби утверждал, что существует конкретный критерий, которым можно измерить меру гуманности и человечности любого правительства, общества, коллектива: это забота о детях, стариках и больных. Качество правительства, общества, коллектива можно легко определить по тому, как они относятся **к детям, к старикам, к больным и нуждающимся**.

Исходя из этого, можно заключить, что постоянная забота о людях, об их потребностях тесно связана не только с политическим благосостоянием нации, но и с экономикой производства совокупного общественного продукта.

Безоглядная патологическая жажда наживы любым способом (как косвенный показатель патологического эгоизма) может привести страну, фирму, коллектив к получению сверхприбыли, но это состояние является разрушительным для гуманистических и нравственных идеалов, которые являются мерилем здоровья и конкретного человека и любого человеческого сообщества [12].

Во многих религиях идея любви, заботы о ближних и сострадания тесно связана с загробной жизнью. Но главный смысл заботы о людях заключается в том, что она ценится не только потусторонними мирами, но и прямо влияет на нашу земную жизнь. Так, например, в Библии указывается на то, что дети должны проявлять постоянную любовь и заботу о своих родителях, а также сострадание к их немощам и болезням с тем, чтобы продлилась их земная жизнь [8].

Милосердие, то есть забота о ближних, о родителях, о детях, а также о страждущих, о беспомощных, являет собой самую основу и православия, и протестантизма, и ислама, и буддизма и других религий.

К счастью, в коммерческом мире люди все яснее начинают понимать, что успех дела напрямую зависит от того, насколько важное место в этих предприятиях занимает забота о людях. Причем эта забота должна охватывать и тех, кто производит общественный продукт, и тех, кто его потребляет. Внимание к качеству продукции, а также к благосостоянию работников и к нуждам клиентов является краеугольным камнем и первоосновой успеха в любом виде бизнеса.

Отдельные ученые (Т. Чоппел) сформулировали особую разновидность капитализма – капитализм всеобщего блага. Автор аргументированно утверждал, что любой бизнесмен, преданный идее добра и взявший за основу своего бизнеса служение людям, будет производить хорошую продукцию, поддерживать хорошие отношения с клиентами и вообще приносить огромную пользу не только обществу в целом, но и своему бизнесу и рабочим, участвующим в производственном процессе.

Важность заботы руководителей о людях, вовлеченных в процесс производства и потребления и постоянного служения людям для экономического

процветания бизнеса, а также для своего физического и духовного благополучия не нуждается в доказательствах.

Знаменитая поэтесса Марина Цветаева писала: «Доброе деяние никогда не пропадает бесследно. Тот, кто сеет учтивость, пожинает дружбу, тот, кто насаждает доброту, собирает урожай любви, благодать, излившаяся на благодарную душу, никогда не бывает бесплодной, и благодарность обыкновенно приносит вознаграждение» [16].

Эти жизнеопределяющие уроки в последние годы, к сожалению, многими забываются, что в современном бизнесе приводит к патологическому стремлению некоторых корпораций, фирм, предприятий и руководителей к получению сверхприбылей, к обогащению любой ценой. При этом человеческое сообщество все больше нуждается в уроках доброты, заботы о ближних, помощи обездоленным и старикам, поскольку эти непреложные истины оздоравливают и укрепляют государство, общество, коллектив и делают его более гуманным.

Достижения современной научно-технической революции сделали наш мир очень тесным, резко возросла коммуникативность между народами, мы все теперь стали близкими соседями, невзирая на расстояния и размеры страны. Это открыло совершенно новые возможности к развитию и укреплению взаимовыгодного международного экономического сотрудничества, созидательной работе в атмосфере дружбы, взаимопомощи и поддержки.

Такая форма сосуществования социума насущно необходима для выживания всего человечества, начиная с самых простейших потребностей – в чистом воздухе, чтобы дышать, в чистой воде, чтобы пить, в экологически чистых продуктах, чтобы долго жить без болезней и т.п.

Можно с уверенностью утверждать, что процветание планеты Земля в наших руках, и если люди умножат свои усилия в направлении культивирования заботы друг о друге, помощи нуждающимся, поддержки детей и стариков, то в этом случае социальное и экономическое будущее любого сообщества как производителей, так и потребителей товаров и услуг может быть светлым и прекрасным.

Эти качества приобретают особую значимость в годы различных природных катаклизмов, землетрясений, наводнений, пожаров, военных конфликтов и пр. Так, например, Уинстон Черчилль, бывший премьер-министр Великобритании, в трудные годы Второй мировой войны призывал своих сограждан поддерживать друг друга, заботиться друг о друге, чтобы совместно противостоять общим лишениям и легче преодолевать все трудности и тяготы. Он рекомендовал людям чаще обращаться к изречениям мудрецов, ибо это помогает думать о добре, о милосердии, о сострадании и ориентировать свою жизнь на культивирование позитивных общечеловеческих ценностей. Черчилль утверждал,

что человек в буквальном смысле слова представляет собой то, о чем он думает, как поступает и чем живет [14].

Это утверждение является особенно актуальным в наши дни, когда волею судьбы наши люди оказались надолго вовлечены в ужасные военные действия, которым сопутствуют трагедии, увечья, потери родных и близких, разрушение зданий, сооружений, привычного уклада жизни. В этих ситуациях лучшее, что могут и должны сделать люди, – это сплотиться, помогать и оказывать помощь и поддержку друг другу, особенно детям и старикам, слабым, больным и отчаявшимся. Подтверждение справедливости этих слов можно найти и в Библии: «И если станет преодолевать кто-либо одного, то двое устоят против него: и нитка, втрое скрученная, не скоро порвется...» Экклесиаст 4:12 [8].

Известная английская поэтесса Элизабет Браунинг писала: «Бедняк, которому ты поможешь, обогатит тебя, больной, о котором ты позаботишься, сделает тебя сильным, будет служить тебе самому и оказывать даже большую помощь, чем та, какую ты заслужил» [18]. И дальше она утверждала: «...если я помогаю обездоленным и отчаявшимся, разделяю с ними бремя их скорби, я в действительности делаю это для себя, мне это нужно. И то, что я облегчаю страдания других людей, дает мне огромное удовлетворение и подлинное счастье, поскольку любовь, жертвенность, доброта, как и щедрость, – неисчерпаемы и всегда возвращаются сторицей».

Этими ценными качествами нужно пропитывать все общество от мала до велика, если мы хотим прогресса в экономике и процветания государства в целом.

Люди могут изменить внешние аспекты своей жизни, позитивными мыслями и поступками изменяя свой внутренний настрой. В этом аспекте общеизвестным является следующий и несомненно ценный для всех нас девиз Наполеона Хилла: «Пусть твои мысли будут добрыми, ибо мысли станут словами; пусть твои слова будут добрыми, ибо слова станут поступками; пусть твои поступки будут добрыми, ибо поступки станут привычками; пусть твои привычки будут добрыми, ибо привычки станут характером; пусть твой характер будет добрым, ибо характер станет судьбой» [15].

Добрые мысли, слова и поступки, воплощаемые в жизнь, – вот основной способ положительного влияния людей друг на друга. Ведь общеизвестно, что каждый человек представляет собой для кого-нибудь другого образец поведения. Он может вознести другого человека к небесам, а также опустить его во мрак и утопить в трясине и безнадее. Карл Маркс отзывался на подобные идеи следующим утверждением: «Судьба делает нас братьями. Никто не проходит свой жизненный путь в одиночку. И то, что мы вносим в жизнь других людей, рано или поздно вернется в нашу собственную жизнь» [10].

Все великие люди, философы, ученые, государственные деятели, музыканты, художники,

писатели и поэты черпали вдохновение от поступков и мировоззрения своих великих предшественников. По их заключениям, это обеспечивало, обеспечивает и будет обеспечивать гармоничное развитие людей, предприятий и государств. Основные общечеловеческие постулаты и гуманитарные истины, которые были справедливыми в прошлом, будут еще более справедливыми в будущем [7].

Существует множество изречений, высказанных в разные времена и разными мыслителями от Аристотеля до Эйнштейна на тему заботы, милосердия и любви к ближнему. Самые разные люди, представляющие все поколения, национальности, верования, времена и страны, учат нас на своем жизненном опыте и на своих наблюдениях основным общечеловеческим истинам – любви, милосердию и заботе, т.е. идее служению людям и тем самым возможности не только поднимать экономику, но и обретать настоящее счастье [13].

Успешное развитие современной экономики невозможно без всесторонней гуманизации, поворота к человеку, к его проблемам, без развития его талантов, создания комфортных условий труда и жизни, реализации творческого потенциала людей.

Факторы гуманизации экономики позволяют не просто улучшить условия труда и жизни людей, а обеспечить право каждого человека на проявление и развитие своих способностей, творческую самореализацию. Успешная реализация творческого потенциала людей в свою очередь радикально меняет условия производства и производительности труда, а следовательно, темпы и масштабы увеличения объема производства в национальной экономике той или иной страны.

Выводы и предложения. Эти непреложные гуманитарные ценности и правила являются основой успешного развития не только экономики, но и личности, и коллектива производственного предприятия любого государства в целом. Они в совокупности обеспечивают прогресс, гармоничное развитие и коммуникацию людей, прибыльное производство, комфортное потребление и в целом процветающую экономику в любой отрасли народного хозяйства.

Отказ от сырьевой ориентации экономики, внедрение качественных изменений в национальное хозяйство России выводит проблему гуманизации экономического роста на первый план. Модернизация всех сторон общественной жизни предполагает развитие главного ресурса экономического прогресса – человека, а также непрерывное воспроизводство его способностей и возможностей. Данная проблема актуализируется также в связи с тем, что определяющими факторами развития мирового хозяйства и национальных экономик в современных условиях становятся человеческий и трудовой потенциал, социальный капитал и научные знания.

Литература

1. Аннан К. Закладывая основу частной и свободной системы мировой торговли/Роль всемирной торговой организации в глобальном управлении. Пер. с англ./под ред. Гери П. Сэмсона. – М.: Весь мир. 2004. – С. 35-45.
2. Бэкон Ф. Сочинения в двух томах. – Т. 1. – 1971. Издательство: Мысль Язык. - 590 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.livelib.ru/author/17407/top-frensis-bekon>.
3. Линкольн А. Источник свободы. Геттингсбургское послание. - 2015. - 452 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.livelib.ru/author/142733/top-avraam-linkoln>.
4. Гёте И. В. Страдания юного Вертера. 2018. - Издательство: Эксмо Язык. - 193 с. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.livelib.ru/author/610/top-iogann-volfgang-fon-gjote>.
5. Гюго В. Отверженные. 2020. – Издательство: Эксмо-Пресс. – 768 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.livelib.ru/author/2356/top-viktor-gyugo>.
6. Алексеева В.П. Становление человечества. – М: "Политиздат", 1984. – 462 с.
7. Бердяев Н.А. О назначении человека. – М.: "Республика", – 1993. – 383 с.
8. Библия. New International Version (NIV). Библия. Biblica, Inc.®, 2014. Новый русский перевод. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://bible.bv/nrt/>
9. Дон-Аминадо. Наша маленькая жизнь. - М.: "ТЕРРА", 1994. - 768 с.
10. Маркс Карл. Экономическо-философские рукописи 1844 года / К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 42, С. 41- 174.
11. Карнеги Дейл. Как завоевывать друзей и оказывать влияние на людей / 2023. – Изд. АСТ. – 180 с.
12. Ницше Ф. По ту сторону добра и зла. – М.: "Культурная революция", 2005 - Т. 5 / Пер. с нем. Н.Н. Полилов, К.А. Свасьян. – 258 с.
13. Честерфилд Г. Письма к сыну; Максимы; Характеристики. – М.: "Наука". 1978 г. – 328 с.
14. Шопенгауэр А. Афоризмы житейской мудрости. – Издательство "Рипол-Классик", 2020 г.; Серия • Про власть – 368 с.
15. Хилл Н. Думай и богатей / Пер. с англ. - М.: НАЧАЛА-ПРЕСС, 1994.- 160с.
16. Цветаева М.И. Соч. в 2-х т. – Москва: "Худож. лит.", 1988. – Т-2. – 719 с.
17. Честертон Г. Вечный человек. - М.: Изд-во "Эксмо", 2004. – 704 с.
18. Андриевская К., Агеев Э., Атрощенко И. и др. Энциклопедия мудрости. Изд. «Буколика», 2007. – 813 с.

Linnik V. S., Ilin V. Y., Iilina E. V., Kanaeva L. E.
FUNDAMENTAL PRINCIPLES OF HUMANIZATION OF SOCIETY AND INTENSIFICATION OF THE ECONOMY OF PRODUCTION

The article describes the features of intensification and increasing the profitability of production, which underlie the production of any type of product. The economic and philosophical views of outstanding scientists and statesmen regarding the knowledge of the essence of being are

considered. It has been proven that people can change the external aspects of their lives by changing their inner mood with positive thoughts and actions.

It is concluded that humanitarian values and rules are the basis for the successful development of not only the economy, but also the individual and the collective of the production enterprise of any state as a whole. They collectively ensure progress, harmonious development and communication of people, profitable production, comfortable consumption and a generally prosperous economy in any branch of the national economy.

Keywords: business; state; humanitarian values; enterprise; profitability; production; intensification; profitability; economy.

Линник Василий Семёнович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой кормления и разведения животных ФГБОУ ВО «Луганский государственный аграрный университет им. К.Е. Ворошилова», г. Луганск.

Ильин Валерий Юрьевич, доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры информационных технологий, математики и физики ФГБОУ ВО «Луганский государственный аграрный университет им. К.Е. Ворошилова», г. Луганск.

Ильина Елена Васильевна, кандидат экономических наук, главный специалист, Министерство финансов ЛНР.

Канаева Лариса Евгеньевна, аспирант кафедры экономики предприятий и управления трудовыми ресурсами в АПК ФГБОУ ВО «Луганский государственный аграрный университет им. К.Е. Ворошилова», г. Луганск.

Linnik Vasily Semyonovich, doctor of agricultural sciences, professor, head of the department of animal feeding and breeding FSBEI HE «Lugansk State Agrarian University named after K.E. Voroshilov», Lugansk, LPR, Russia

Ilin Valery Yurievich, doctor of economics, professor, professor of the department of information technology, mathematics and physics FSBEI HE «Lugansk State Agrarian University named after K.E. Voroshilov», Lugansk, LPR, Russia

Iilina Elena Vasilyevna, candidate of economic sciences, chief specialist, Ministry of finance of the LPR

Kanaeva Larisa Evgenievna, postgraduate student of the department of enterprise economics and human resources management in the agro-industrial complex FSBEI HE «Lugansk State Agrarian University named after K.E. Voroshilov», Lugansk, LPR, Russia

Рецензенты: Болдырев Кирилл Александрович, д.э.н., профессор, заведующий кафедрой торговое дело ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 30.11.2023

УДК 51-77

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО АППАРАТА ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ИНТЕРПРЕТАЦИИ И ВАЛИДАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА

Малахова В. В., Малахов О. В.

USING THE MATHEMATICAL APPARATUS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TO INTERPRET AND VALIDATE THE RESULTS OF CLUSTER ANALYSIS

Malakhova V. V., Malakhov O. V.

В статье рассматриваются вопросы интерпретации и валидации результатов кластерного анализа различными методами: графическим – построением силуэтов и математическим получением объективных количественных показателей качества классификации данных с применением в качестве метрики классифицирующей модели матрицы ошибок. В работе используются библиотеки математических функций `make_blobs`, `metrics`, `Scikit-learn`.

Ключевые слова: искусственный интеллект, кластерный анализ, валидация.

Введение. В современном мире искусственный интеллект (ИИ) стал одним из ключевых компонентов в работе поисковых систем. Он используется для анализа и обработки огромных объемов информации, управления сложными техническими процессами и автоматизированными системами, не требуя участия человека [1].

Развитие технологий ИИ становится важным фактором, определяющим перейдет ли страна или народ на следующий уровень эволюции человечества или же останется на задворках цивилизации [2]. Владение и использование ИИ может стать решающим фактором в экономическом и социальном развитии государства, повышая его конкурентоспособность и благосостояние.

Постановка задачи. Рассмотреть графические и математические методы интерпретации и валидации результатов кластерного анализа.

Изложение основного материала. Графическое представление результатов кластеризации методом построения силуэтов позволяет наглядно представить и визуально оценить качество интерпретации исходных данных при разбиении на кластеры.

Для примера воспользуемся функцией генерации синтетических данных алгоритмом `make_blobs` [3], входящим в библиотеку математических функций машинного обучения `Scikit-learn` [4] (листинг 1).

```
from sklearn.datasets import make_blobs
X, y = make_blobs(n_samples=12, n_features=4, centers=3,
                  cluster_std=1.5, random_state=41)
```

Листинг 1. Генерация синтетических данных с использованием алгоритма `make_blobs` библиотеки `sklearn.datasets`

Графическое представление полученного мультиклассового набора данных приведено на рис. 1.

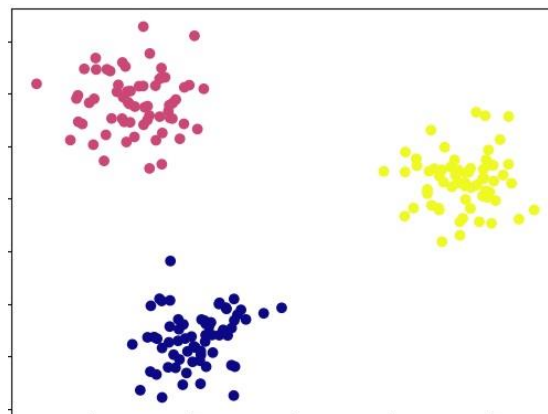


Рис. 1. Графическое представление полученного мультиклассового набора данных

В определении используются средние значения сходства, как и в случае со средним групповым сходством, которое, как известно, наиболее эффективно при работе с кластерами приблизительно сферической формы. Чтобы построить силуэты, нам понадобятся всего две вещи: полученное в результате разбиение (полученное при помощи какого-либо метода кластеризации) и массив всех сходств между объектами. Затем для каждого объекта i вводится значение $s(i)$ и все эти числа объединяются в график.

Определим значение $s(i)$ для каждого случая отличий. Возьмем любой объект i в наборе данных, и пусть A будет кластером, к которому он был отнесен. Если кластер A включает в себя другие объекты помимо i , то возможно рассчитать среднее отличие i от всех остальных объектов в A :

$a(i)$ – среднее отличие i от всех других объектов кластера A .

На рис. 2 это средняя длина всех линий внутри кластера A .

Далее рассмотрим любой кластер C , отличный от кластера A , и вычислим:

$d(i, C)$ – среднее отличие объекта i от всех объектов C .

На рис. 2 это средняя длина всех линий, идущих от i до C . После вычисления $d(i, C)$ для всех кластеров $C \neq A$ мы выбираем наименьшее из этих чисел и обозначаем его через:

$b(i)$ – минимальное значение $d(i, C)$.

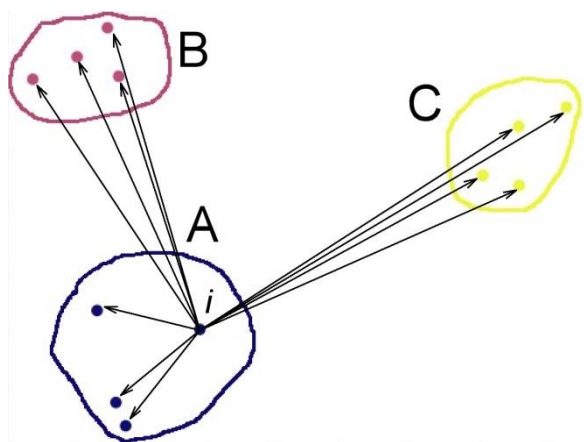


Рис. 2. Иллюстрация элементов, участвующих в вычислении $s(i)$, где объект i принадлежит кластеру A

Кластер B , по отношению к которому достигается этот минимум, называется соседом объекта i . Т.е. это второй лучший выбор для i , если бы его нельзя было поместить в кластер A . На рис. 2 кластер B выглядит как «ближайший» (в среднем) по отношению к объекту i при исключении кластера A . Поэтому очень важно знать соседей каждого объекта в наборе данных. Заметим, что определение $b(i)$ требует наличия других кластеров помимо A , поэтому исходим из предположения, что количество кластеров $k > 1$.

Число $s(i)$ получается путем объединения $a(i)$ и $b(i)$ следующим образом:

$$s(i) = \begin{cases} 1 - a(i)/b(i); & \text{если } a(i) < b(i), \\ 0; & \text{если } a(i) = b(i), \\ b(i)/a(i) - 1; & \text{если } a(i) > b(i). \end{cases} \quad (1)$$

Преобразовываем выражение (1):

$$s(i) = \frac{b(i) < a(i)}{\max\{a(i), b(i)\}}. \quad (2)$$

В случае, когда кластер A содержит только один объект, принимаем $s(i) = 0$. Этот выбор достаточно произвольный, но значение, равное нулю, является наиболее нейтральным. Действительно, из приведенного выше определения видно, что:

$$-1 \leq s(i) \leq 1$$

для каждого объекта i .

Обратим внимание, что $s(i)$, определенное выше, остается инвариантным, когда все исходные различия умножаются на положительную мультипликативную константу, но прибавление аддитивной константы является недопустимым.

Для подтверждения выдвинутых предположений относительно значения $s(i)$ рассмотрим несколько экстремальных ситуаций.

Когда $s(i)$ достигает наибольшего значения (то есть $s(i) \rightarrow 1$), это означает, что внутреннее различие $a(i)$ намного меньше, чем наименьшее промежуточное различие $b(i)$. Следовательно, можно утверждать, что i «хорошо кластеризован», поскольку, по-видимому, нет никаких сомнений в том, что i был отнесен к очень подходящему кластеру: второй по значимости выбор (B) далеко не так близок к фактическому выбору (A).

Иная ситуация возникает, когда $s(i) = 0$. Тогда $a(i)$ и $b(i)$ приблизительно равны и, следовательно, вообще неясно, должен ли объект i быть отнесен к кластеру A или кластеру B . Объект i находится на одинаковом расстоянии от обоих, поэтому его можно рассматривать как «индифферентный случай».

Наиболее сложная ситуация имеет место быть, когда $s(i) \rightarrow -1$. Тогда $a(i)$ намного больше, чем $b(i)$, поэтому i лежит в среднем намного ближе к B , чем к A . Поэтому, казалось бы, гораздо более естественным отнести объект i к кластеру B , так что мы почти можем заключить, что этот объект был «неправильно классифицирован».

Следовательно, величина $s(i)$ показывает, насколько хорошо объект i соответствует имеющейся кластеризации (то есть насколько хорошо он был классифицирован). В частном случае, когда имеется только два кластера ($k = 2$), перемещение объекта i из одного кластера в другой преобразует $s(i)$ в $-s(i)$.

Однако результаты интерпретации и валидации результатов кластерного анализа графическим методом имеют в значительной степени субъективный характер. Получение объективных количественных показателей качества классификации данных возможно с применением в

качестве метрики классифицирующей модели матрицы ошибок.

При использовании бинарной классификации матрица ошибок может быть представлена в виде таблицы, содержащей две строки, соответствующие фактическим классам, и два столбца, относящиеся к предсказанным классам [6] (табл. 1).

Таблица 1

Матрица ошибок при бинарной классификации

		Предсказания	
		+ Positive	- Negative
Реальность	+ Positive	True Positive TP	False Negative FN
	- Negative	False Positive FP	True Negative TN

Меры качества бинарной классификации определяются следующими количественными параметрами.

Доля правильно классифицированных примеров (Accuracy – меткость):

$$ACC = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}.$$

Отношение числа истинноположительных классификаций к общему числу положительных классификаций (Precision – точность):

$$PPV = \frac{TP}{TP + FN}.$$

Отношение истинноположительных классификаций к общему числу положительных классификаций (True positive rate – чувствительность):

$$TPR = \frac{TP}{TP + FN}.$$

Доля истинноотрицательных классификаций в общем числе отрицательных классификаций:

$$NPV = \frac{TN}{TN + FN}.$$

Доля неверно классифицированных отрицательных примеров от общего количества отрицательных:

$$FPR = 1 - TNR = \frac{FP}{FP + TN}.$$

Доля неверно классифицированных отрицательных примеров от общего количества положительных примеров:

$$FNR = 1 - TPR = \frac{FN}{FN + TP}.$$

Интегральным показателем, объединяющим в себе информацию о полноте и точности классификации, является F1-мера:

$$F1 = \frac{2 \cdot PPV \cdot TPR}{PPV + TPR} = \frac{2TP}{2TP + FP + FN}.$$

Рассмотрим расчет метрик качества бинарной классификации с использованием математической библиотеки *sklearn.metrics* [7] на примере (листинг 2).

```
import numpy
import sklearn.metrics
# Задаем матрицу ошибок
y_true = ["positive", "negative", "negative", "positive", "positive",
"positive", "negative"]
y_pred = ["positive", "negative", "positive", "positive", "negative",
"positive", "positive"]
# Рассчитываем метрики качества бинарной классификации
ACC = sklearn.metrics.accuracy_score(y_true, y_pred)
print("ACC =", ACC)
PPV = sklearn.metrics.precision_score(y_true, y_pred,
pos_label="positive")
print("PPV =", PPV)
TPR = sklearn.metrics.recall_score(y_true, y_pred,
pos_label="positive")
print("TPR =", TPR)
# Интегральный показатель - F1-мера
F1 = 2 * (PPV * TPR) / (PPV + TPR)
print("F1 =", F1)
```

Листинг 2. Расчет метрик качества бинарной классификации с использованием математической библиотеки *sklearn.metrics*

Результат расчета приведен в листинге 3.

```
ACC = 0.5714285714285714
PPV = 0.6
TPR = 0.75
F1 = 0.6666666666666665
```

Листинг 3. Результат расчета метрик качества бинарной классификации с использованием математической библиотеки *sklearn.metrics*

Выводы. В статье рассматриваются вопросы интерпретации и валидации результатов кластерного анализа различными методами: графическим – построением силуэтов и математическим – получением объективных количественных показателей качества классификации данных с применением в качестве метрики классифицирующей модели матрицы ошибок. В работе используются библиотеки математических функций *make_blobs*, *metrics*, *Scikit-learn*.

Применение интеллектуальных алгоритмов при обработке больших объемов информации позволяет классифицировать имеющиеся данные, основываясь как на заранее определенных критериях, так и

посредством обнаружения различных, изначально скрытых, показателей сходства.

Литература

1. Киселев Б. Н. Результат интеллектуальной деятельности, созданный искусственным интеллектом, и результат интеллектуальной деятельности, созданный при помощи искусственного интеллекта / Б. Н. Киселев // Актуальные проблемы науки и практики: Гатчинские чтения-2019 : Сборник научных трудов по материалам VI Международной научно-практической конференции, Гатчина, 17–18 мая 2019 года. Том 2. – Гатчина: Государственный институт экономики, финансов, права и технологий, 2019. – С. 123-126. – EDN GDERHR.
2. Гутаревич В. О. Проблемы и направления совершенствования экологических характеристик горно-транспортных машин с дизельной установкой / В. О. Гутаревич, К. А. Рябко, Е. В. Рябко // Вестник Донецкого национального технического университета. – 2018. – № 1(11). – С. 12-17. – EDN YVNJQN.
3. Библиотека математических функций Scikit-learn Make blobs [Электронный ресурс] URL: https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.datasets.make_blobs.html (дата обращения 24.11.2023).
4. Библиотека математических функций Scikit-learn [Электронный ресурс] URL: <https://scikit-learn.org/stable/index.html> (дата обращения 24.11.2023).
5. Peter J. ROUSSEUW Silhouettes: a graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis // Journal of Computational and Applied Mathematics 20 (1987). North-Holland. pp. 53-65.
6. Матрица ошибок [Электронный ресурс] URL: https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.metrics.confusion_matrix.html (дата обращения 24.11.2023).
7. Библиотека математических функций Scikit-learn Metrics [Электронный ресурс] URL: https://scikit-learn.org/stable/modules/model_evaluation.html (дата обращения 24.11.2023).

Malakhova V.V., Malakhov O.V.

USING THE MATHEMATICAL APPARATUS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TO INTERPRET AND VALIDATE THE RESULTS OF CLUSTER ANALYSIS

The article deals with the interpretation and validation of the results of cluster analysis by various methods: graphical – silhouette construction and mathematical, obtaining objective quantitative indicators of the quality of data classification using the error matrix as a metric classifying model. The work uses the libraries of mathematical functions make_blobs, metrics, Scikit-learn.

Key words: artificial intelligence, statistical data analysis, clustering.

Малахова Виктория Владимировна, доцент кафедры прикладной математики ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».
E-mail: malakhova_viktoriya84@mail.ru

Малахов Олег Владимирович, доцент кафедры автоматизации и компьютерно-интегрированных технологий ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».
E-mail: oleg_home1@mail.ru

Malakhova Victoria Vladimirovna, Associate Professor of the Departments of Applied Mathematics of the «LSU named after V. Dahl».

Malakhov Oleg Vladimirovich, Associate Professor of the Department of Automation and Computer-Integrated Technologies of the «LSU named after V. Dahl».

Рецензент: Тарашанский Марк Танкумович, кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры прикладной математики ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 24.11.2023

УДК 376.2

ОСОБЕННОСТИ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ С НАРУШЕНИЯМИ ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Мечетный Ю. Н., Скаррина Е. Ю.

FEATURES OF TEACHING STUDENTS WITH DISORDERS OF THE MUSCULOSKELETAL SYSTEM

Mechetny Yu. N., Sknarina E. Yu.

В данной статье авторы анализируют специфику организации учебного процесса для лиц с инвалидностью и ограниченными возможностями здоровья, в частности имеющих нарушение функций опорно-двигательного аппарата. В статье представлена типология двигательных нарушений и их краткая характеристика, акцентировано внимание на тех условиях, соблюдение которых будет способствовать успешному педагогическому взаимодействию. Авторы характеризуют те особенности инклюзивного образования, которые напрямую связаны с педагогической деятельностью, и ту специфику, которая зависит от оснащенности учебного заведения.

Ключевые слова: инвалиды, лица с ограниченными возможностями здоровья, опорно-двигательный аппарат, нарушения опорно-двигательного аппарата.

Введение. Лицам с инвалидностью и ограниченными возможностями здоровья государство гарантирует необходимые условия для получения образования. Данная концепция отражена в законодательстве [3; 4]. Особую ценность для нашего исследования представляет документ, утвержденный Министерством образования и науки РФ 8 апреля 2014 года: «Методические рекомендации по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья» [1]. Среди студентов с инвалидностью и ОВЗ особое место занимают лица с нарушениями двигательных функций. Это особенный контингент. Чтобы обучение студентов с нарушениями опорно-двигательного аппарата было успешным, преподаватели и другие участники учебного процесса должны знать особенности развития этой категории обучающихся и учитывать их в образовательном процессе. Цель нашего исследования – изучить особенности данной нозологической группы, в частности ознакомиться с типологией двигательных нарушений и охарактеризовать специфику обучения студентов с двигательным дефектом.

Изложение основного материала.

Нарушения двигательных функций могут быть связаны с заболеваниями нервной системы, врожденными патологиями и приобретенными болезнями [2]. В свою очередь каждая группа включает в себя целый спектр заболеваний. Среди заболеваний нервной системы следует назвать детский церебральный паралич (повреждение или патология развития головного мозга плода и новорожденного; в зависимости от тяжести поражения мозга может наблюдаться полное или частичное отсутствие некоторых движений) и полиомиелит (острое инфекционное заболевание, осложнением которого является необратимая мышечная слабость; благодаря активной иммунизации населения распространение этого заболевания приостановлено).

Вторую группу составляют врожденные патологии опорно-двигательного аппарата: врожденный вывих бедра (врожденная неполноценность сустава); кривошея (врожденная или приобретенная деформация шеи, которая характеризуется неправильным положением головы: наклоном вбок и поворотом); деформация стоп (косолапость, вальгусная и варусная деформация стопы, плоскостопие, полая стопа, конская стопа, пяточная стопа), провоцирующая неправильное распределение нагрузки на позвоночник и, как следствие, – проблемы со стороны опорно-двигательного аппарата; аномалии развития позвоночника (врожденное состояние, сопровождающееся изменением числа или конфигурации позвонков: сколиоз, лордоз, кифоз); недоразвитие и дефекты конечностей (пороки развития, обусловленные нарушением нормального формирования конечностей во внутриутробном периоде: врожденные ампутации, недоразвитие, аномальное количество пальцев, сращение пальцев).

Третья группа – приобретенные заболевания и повреждения опорно-двигательного аппарата. Это могут быть травмы, в результате которых были нарушены функции и анатомическая целостность

головного мозга, спинного мозга и конечностей. За последние десять лет эта нозологическая группа стремительно увеличивается, что связано с травмами и ранениями во время боевых действий. К приобретенным заболеваниям также относится полиартрит (одномоментное или последовательное воспалительное поражение нескольких суставов); заболевания скелета (туберкулез, опухоли костей, хондродистрофия, рахит).

Все перечисленные заболевания объединяют в один большой блок – нарушения опорно-двигательного аппарата. При всем разнообразии врожденных и приобретенных заболеваний опорно-двигательного аппарата проблемы сводятся к одной: двигательный дефект (это может быть задержка формирования двигательных функций, их патологическое развитие или полная утрата). Данные нарушения могут иметь разную степень проявления.

При тяжелой степени двигательных нарушений не сформированы навыки ходьбы и самообслуживания. При средней степени навыки ходьбы имеются, но человек зачастую передвигается с помощью специальных ортопедических приспособлений (костыли, ходунки, инвалидная коляска). Навыки самообслуживания сформированы не полностью. При легкой степени нарушений опорно-двигательного аппарата человек самостоятельно ходит, у него полностью сформированы навыки самообслуживания, но иногда могут быть нарушения походки и патологические позы [2]. Студентами нашего университета могут быть лица, которые в соответствии с данной классификацией имеют легкую или среднюю степень двигательных нарушений.

Что является для нас как для педагогов важным. Несомненно, это постоянная фиксация физических и психологических параметров на занятиях. К физическим следует отнести повышенную утомляемость, и в связи с этим – нарушение внимания. Что касается психологического аспекта, следует отметить, что студентам с нарушениями двигательных функций свойственны замкнутость и неуверенность, повышенная тревожность и обидчивость, ранимость и низкая самооценка. Все это в совокупности затрудняет процесс социальной адаптации. Педагогическое взаимодействие в этой ситуации имеет ряд особенностей. Во-первых, вмешательство педагога в личное пространство студента оправдано лишь в случае угрозы здоровью и жизни обучающегося, в иных случаях необходимо согласие студента на помощь. Во-вторых, непоколебимым остается приоритет самого студента в решении собственных проблем. Педагог может лишь подготовить почву, тем самым влияя на самостоятельность решений студента. Ценно сотрудничество педагога и обучающегося, совместное преодоление трудностей. В-третьих,

важным является конфиденциальность как необходимое условие доверительного общения, а также доброжелательность и безоценочность.

В Методических рекомендациях по организации образовательного процесса для студентов с инвалидностью и ограниченными возможностями здоровья очень подробно прописаны все основные моменты: организационные рекомендации к высшим учебным заведениям; рекомендации по кадровому обеспечению; по работе с абитуриентами, имеющими инвалидность или ОВЗ; по доступности корпусов образовательных учреждений; также рекомендации к материально-техническому обеспечению образовательного процесса; к адаптации образовательных программ и методобеспечению учебного процесса для указанного контингента; рекомендации к применению электронного обучения и дистанционных технологий [1]. Данные рекомендации можно свести к следующим пунктам.

1. Использование в образовательном процессе различных типов помощи.

2. Наличие необходимых технических средств обучения.

3. Специфика контактной работы (индивидуальный подход, дозирование учебных нагрузок).

Остановимся подробнее на каждом пункте. Под формулировкой «различные типы помощи» следует подразумевать создание безбарьерной среды, а также организационно-педагогическое, психолого-педагогическое, медицинско-оздоровительное и социальное сопровождение. Создание среды, которая позволит студенту с нарушением двигательных функций вести независимый образ жизни, предполагает наличие пандусов, лифтов, отсутствие порогов, оборудование санузлов, возможность доступа в общежитие, в библиотеку [1]. Преподаватель, в свою очередь, должен обеспечить для данного студента комфортное пребывание в аудитории. Например, если речь идет о студенте на коляске, то целесообразно выбрать для занятия аудиторию, в которой нет порога; в аудитории выделить для такого студента стол как можно ближе к дверному проему; организовать рабочее место так, чтобы за столом он сидел один; чтобы вокруг стола было достаточно свободного места для совершения необходимых маневров на инвалидной коляске; чтобы в случае перемещения такого студента по аудитории между рядами у него не было препятствий.

Понятие «организационно-педагогическое сопровождение» включает в себя контроль посещаемости; помощь в организации самостоятельной работы и индивидуальных консультаций, контроль сессии, помощь в оформлении индивидуального графика обучения. Всю эту работу, как правило, выполняет выпускающая кафедра в лице куратора группы.

Что касается психолого-педагогического, медицинско-оздоровительного и социального сопровождения, то самостоятельно ни одной кафедре с этим не справиться. Необходимы помощь и консультации психолога (психодиагностика, помощь в адаптации); медика (диагностика физического состояния, рекомендации по развитию адаптационного потенциала, контроль выполнения этих рекомендаций); социального педагога и профсоюза (социальная поддержка в решении бытовых вопросов, социальные выплаты, матпомощь). Введение в штат образовательных учреждений должности тьютора, педагога-психолога, социального педагога (социального работника), специалиста по специальным техническим и программным средствам обучения инвалидов, – прописано в рекомендациях к кадровому обеспечению (пункт 2) [1].

Следующая рекомендация предполагает наличие технических средств обучения – компьютерной техники, адаптированной для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата. Эта рекомендация напрямую связана с материально-техническим обеспечением вуза, что прописано в пункте 5 «Методических рекомендаций» [1]. Оснащение рабочего места студента-инвалида различными вспомогательными техническими средствами позволяет частично или полностью компенсировать ограничения, связанные с нарушением двигательных функций. Это могут быть специальные клавиатуры, адаптированные к определенным видам ограничений (ограничение подвижности рук, нарушение координации движений, неподвижность рук). Например, для студентов с серьезными нарушениями моторных функций (спастическая кисть, некоординированные движения) необходимы большие клавиатуры: клавиши увеличенного размера, расположены далеко друг от друга, регулируется задержка нажатия клавиши, существует функция исключения двойного нажатия, регулируется скорость повторного нажатия. Для студентов с ограниченным радиусом движения (дистрофия мышц, заболевание суставов, отсутствие конечностей) необходимы маленькие клавиатуры: размеры 20–50% по отношению к обычной клавиатуре, радиальное и компактное расположение клавиш, повышенная чувствительность клавиш, установка на штативе, специальное исполнение для работы только левой или только правой рукой. Возможны альтернативные устройства (в случаях, когда ограничение подвижности настолько велико, что даже пользование специальными адаптированными клавиатурами становится невозможным): сенсорные устройства, которые работают от импульса оставшегося возможного движения, например движение рукой или ногой, движение головы, вдувание воздуха, моргание глаз, звуковой сигнал. Ввод информации производится однократными импульсами, которые посылаются через сенсорные

устройства на виртуальную клавиатуру. Наличие подобной компьютерной техники, несомненно, будет способствовать эффективности освоения учебного материала студентами с нарушениями двигательных функций.

Что касается специфики контактной работы с таким контингентом, то следует назвать ряд особенностей. Например, студент с нарушением координации движений верхних конечностей на лекционном занятии физически не в состоянии оформлять письменный конспект лекции. Есть несколько альтернативных решений: 1) если студент писать не может, но при этом справляется с клавиатурой, необходимо позволить ему печатать лекционный материал (разумеется, при наличии компьютера или ноутбука); 2) если студент не справляется и с клавиатурой, то лекцию он просто слушает, а позже преподаватель предоставит этому студенту лекционный материал в распечатанном или электронном виде; 3) можно позволить студенту записывать лекцию на диктофон. Если это практическое занятие, то все виды письменных заданий для таких студентов необходимо заменить устными ответами. Если это проверочная работа – то объемные письменные задания заменить тестовыми. То есть следует минимизировать виды письменных работ на занятиях. Эти же правила должны работать и в период промежуточной и итоговой аттестации, что прописано в пункте 6 «Методических рекомендаций»: «Форма проведения текущей и итоговой аттестации для студентов-инвалидов устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей (устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования). При необходимости студенту-инвалиду предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на зачете или экзамене» [1]. Целесообразным также будет сочетание on-line и off-line форматов обучения. Основной формой в дистанционном обучении является индивидуальная форма. Для студентов с инвалидностью и ОВЗ такая форма обучения максимально релевантна, поскольку позволяет адаптировать темп работы и используемые методы для конкретного обучающегося.

В процессе работы на аудиторных занятиях студентам с нарушениями опорно-двигательного аппарата свойственна быстрая утомляемость (это связано с компенсаторным напряжением), соответственно целесообразным будет для запоминания и повторения учебного материала использовать дополнительные средства разной сенсорной модальности (помимо вербального формата использовать видео, иллюстративный материал, схемы, таблицы, электронные учебники, печатные материалы). Дозирование учебных нагрузок предполагает регулирование темпа изучения материала: следует увеличить время, отведенное на выполнение заданий, категорически

исключить виды работ на скорость. Кроме того, на занятиях необходимо обеспечить соблюдение двигательного режима, нужны дополнительные паузы, отдых, релаксация.

Выводы. Студенты с нарушениями опорно-двигательного аппарата – это особенный контингент, который нуждается в обеспечении специальных условий организации образовательного процесса. Условно все эти особенности можно разделить на два больших блока: рекомендации, касающиеся педагогической деятельности, и рекомендации, связанные с материально-технической оснащенностью университета. Специфика педагогической деятельности заключается в индивидуальном подходе и дозировании учебных нагрузок. В связи с этим целесообразно говорить об адаптации образовательных программ для студентов с нарушениями опорно-двигательного аппарата (включение в вариативную часть образовательной программы специализированных адаптационных дисциплин, выбор мест прохождения практик с учетом требований их доступности для данных обучающихся, проведение текущей и итоговой аттестации с учетом особенностей нозологической группы), а также о разработке адаптированных основных профессиональных образовательных программ для лиц с двигательными нарушениями. Это обеспечит формирование у студентов с инвалидностью и ограниченными возможностями здоровья компетенций, установленных Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по соответствующему направлению подготовки.

Литература

1. Методические рекомендации по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://base.garant.ru/70680520/?ysclid=ls1y21owtx741404358>
2. Левченко И.Ю., Приходько О. Г. Технологии обучения и воспитания детей с нарушениями опорно-двигательного аппарата: Учеб. пособие для студ. сред. пед. учеб. заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2001. – 192 с.
3. Федеральный закон от 24 ноября 1995 г. № 181-ФЗ «О социальной защите инвалидов в Российской Федерации» – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/8523>
4. Федеральный закон от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации». –

[Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/36698>

Mechetny Yu.N., Sknarina E.Yu.

FEATURES OF TEACHING STUDENTS WITH DISORDERS OF THE MUSCULOSKELETAL SYSTEM

Ensuring equal access to education for all students, taking into account the diversity of special educational needs and individual opportunities, is the essence of inclusive education. Students with disabilities and disabilities are a special contingent within the walls of any university. Among other nosological groups, people with disorders of the musculoskeletal system require a special integrated approach, starting with ensuring a barrier-free environment and the availability of technical training tools, and ending with the specifics of the organization of the educational process. These are the features of contact work, and the emphasis on an individual approach, and the dosing of training loads.

Therefore, it is so important for teachers and other participants in the educational process to know the peculiarities of the development of this category of students, to take them into account in the educational process. This will create the necessary learning conditions for students with musculoskeletal disorders, and ultimately will contribute to the effective development of the disciplines of the curriculum.

Key words: people with disabilities, people with disabilities, musculoskeletal system, disorders of the musculoskeletal system.

Мечетный Юрий Николаевич, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой физической реабилитации ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

E-mail: yrymechetny@rambler.ru

Скнарина Елена Юрьевна, к.филол.н., доцент, доцент кафедры физической реабилитации ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

E-mail: e.sknarina@mail.ru

Mechetny Yuriy Nikolayevich, Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Chair of Physical Rehabilitation «LSU named after V. Dahl».

E-mail: yrymechetny@rambler.ru

Sknarina Elena Yuryevna, Candidate of Philology, docent of the Chair Physical Rehabilitation «LSU named after V. Dahl».

E-mail: e.sknarina@mail.ru

Рецензент: Исаев Владимир Данилович, доктор философских наук, профессор, заведующий кафедрой философии ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 30.11.2023

УДК 621.9.048.6

ОЦЕНКА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ГРАНУЛИРОВАННОЙ СРЕДЫ С ОБРАБАТЫВАЕМОЙ ДЕТАЛЬЮ И ПАРАМЕТРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА СЪЁМ МЕТАЛЛА ПРИ ОТДЕЛОЧНО-ЗАЧИСТНОЙ ВИБРООБРАБОТКЕ

Мицык В. Я., Покинтелица Н. И., Чесноков А. В.

EVALUATION OF INTERACTION OF GRANULAR MEDIUM WITH THE WORKPIECE AND PARAMETERS INFLUENCING METAL REMOVAL DURING FINISHING VIBRATION MACHINING

Mitsyk V. Ya., Pokintelitsa N. I., Chesnokov A. V.

Дана характеристика отделочно-зачистной обработки в гранулированных средах. Отмечено, что взаимодействие среды с обрабатываемыми деталями сопровождается пластической деформацией, микрорезанием, химическим воздействием и др. Установлено наличие ударного контакта гранулы и детали, что способствует образованию поверхности. Сформирован подход к созданию и определена сущность механо-физико-химической модели виброобработки. Установлены параметры, влияющие на съём металла. Указано, что характер виброобработки определяется свойствами режущих зёрен гранул среды, их размерами и формой, характеристикой материала детали, режимами обработки.

Ключевые слова: виброобработка, гранулированная среда, обрабатываемая деталь, съём металла, механо-физико-химическая модель.

Введение. Методы обработки деталей в гранулированных средах характеризуются широким комплексом механо-физико-химических явлений, обусловленных различными технологическими схемами взаимодействия среды с обрабатываемой поверхностью, многообразием характеристик гранулированных сред, технологических жидкостей, параметров режима обработки [1,2].

Взаимодействие среды с обрабатываемой поверхностью сопровождается пластической деформацией и микрорезанием, трением, тепловыми явлениями, химическим взаимодействием, проявлением действия магнитного и электрического поля, адгезионных процессов.

Изучение особенностей взаимодействия гранул среды и деталей позволяет оценить технологические возможности соответственного метода обработки и выявить закономерности процесса отделочно-зачистной обработки. В изучении процессов обработки деталей в гранулированных средах большое внимание отводится контактному взаимодействию обрабатываемой среды с обрабатываемой поверхностью, то есть локальным

контактам, результатом которых являются царапины, вмятины, кратерообразные углубления, пластические отпечатки и т.п., и их интегральному проявлению в виде деформационных процессов микрорезания, свойствам, контактирующим при обработке материалов.

Не смотря на многообразие методов отделочно-зачистной обработки в гранулированных средах, в оценке механизма взаимодействия гранул среды с обрабатываемой поверхностью имеется большая общность. Большинство рассматриваемых методов отделочно-зачистной обработки характеризуются динамическим взаимодействием гранулированной среды с обрабатываемой поверхностью, при котором происходит образование характерных следов обработки и формирование поверхности.

Так, например, при вибрационной обработке анализ явлений в зоне соударения гранул среды с обрабатываемой поверхностью показывает, что при вибрационном воздействии имеет место ударный контакт абразивной гранулы с поверхностью детали. При этом абразивные зёрна гранулы, контактирующие с обрабатываемой поверхностью, осуществляют микрорезание, пластическое и упругое обтекание детали, образование на ней множества следов обработки [3].

Цель работы. Создание механо-физико-химической модели вибрационной отделочно-зачистной обработки, учитывающей влияние её основных параметров на эффективность и качество метода, позволяющего производить разрушение поверхности обрабатываемых деталей свободной гранулированной средой, используя процессы микрорезания и упругопластического деформирования.

Научный подход к созданию механо-физико-химической модели процесса вибрационной отделочно-зачистной обработки. Рассматривая единичную гранулу, перемещающуюся относительно обрабатываемой поверхности, можно

отметить, что её профиль состоит из зёрен, осуществляющих резание, упругопластическое деформирование, и зёрен, не участвующих в работе. Характер воздействия абразивных зёрен на материал детали зависит от геометрических параметров их вершин и рабочего контура гранулы в целом.

В зависимости от ориентации режущих кромок абразивных зёрен относительно образующей гранулы имеют место три основных вида воздействия абразивного зерна на обрабатываемую поверхность: резание, пластическое отеснение и трение, причём каждое абразивное зерно в процессе обработки с течением времени может сначала производить только трение, затем пластическое отеснение и, наконец, осуществлять резание и наоборот.

Такое чередование работы, совершаемое абразивными зёрнами гранулы, связано с характером перемещения её по поверхности обрабатываемой детали. Кинограммы скоростной киносъёмки и единичных следов обработки показали, что гранулы могут оставлять на контактной поверхности сложные по очертаниям следы, которые разнятся по глубине и расположению на поверхности. Глубина следа изменяется в направлении движения гранулы и определяется скоростью её перемещения, силой и частотой внедрения за время контакта и др. факторами.

При виброобработке происходит взаимодействие двух тел: рабочей поверхности отдельной гранулы и обрабатываемой детали. Характер механических и физико-механических процессов определяется: физико-механическими свойствами режущих зёрен; их размерами и формой; количеством и расположением на поверхности гранул; характеристикой обрабатываемого материала, его физико-механическими свойствами; параметрами процесса, зависящими от технологического регламента [4].

Процесс отделочно-зачистной виброобработки зависит от характера локального контактирования зёрен абразивной гранулы с поверхностным слоем обрабатываемой детали. При контакте деталей с массой вибрирующих и перемещающихся по их поверхности абразивных гранул происходит взаимное интенсивное разрушение поверхностей контактирующих твёрдых тел, то есть происходит процесс приработки. Характер динамических нагрузок в зонах контакта гранул среды и деталей отличает метод виброобработки от других известных методов.

К отличительным признакам метода виброобработки можно отнести следующие [5]:

- зёрна абразивных гранул нагружаются равномернее, и глубина внедрения каждого из них отличается стабильностью;
- обеспечивается чередование деформирующих и режущих зёрен вследствие прерывности и взаимодействия с поверхностью детали;

- наличие вибраций обеспечивает уменьшение сил трения на контактных поверхностях системы «гранула-деталь»;

- благодаря незначительным размерам абразивные гранулы надёжно пропитываются технологической жидкостью и обеспечивают подачу её в зону взаимного контакта с обрабатываемыми деталями;

- обеспечивается снижение сил микрорезания и контактной температуры.

Большинство из перечисленных отличительных признаков обуславливается характерным для виброобработки процессом саморегулирования, который позволяет перемещающимся гранулам с внедрёнными в поверхность абразивного материала зёрнами, занимать оптимальное положение, равномерно наносить на поверхность элементарные следы, смещённые относительно друг друга.

При этом создаются условия образования более однородного поверхностного слоя, устраняется возможность возникновения грубых следов разрушения. Отмечается, что в точках фактического контакта тел возникает сложный спектр напряжений, происходит микрорезание, упругопластическая деформация со значительным увеличением плотности дислокаций и образование активных дислокационно-вакансионных центров. В силу специфических закономерностей процесса отмеченные акты распространяются равномерно по всей поверхности деталей [6].

В общем виде физический макро- и субмакро рельеф образуется в результате наличия гладких участков с плёнками окислов, шероховатых участков, образовавшихся при разрушении плёнки и налипших при схватывании с поверхностью мельчайших частиц металла, а также переходных участков от гладких к шероховатым.

Следует отметить и особенность протекания процесса по времени. Отмечается, что разрушение материала начинается лишь по истечении некоторого инкубационного периода, в течение которого протекают подготовительные процессы, то есть образование следов обработки, наклёп поверхности, появление микротрещин и т.д. Длительность этого периода зависит от физико-механических свойств материала детали и условий её обработки.

В связи с наличием актов многократного упругопластического деформирования и передеформирования элементарных участков обрабатываемой поверхности, наряду с процессом прямого разрушения проявляется процесс многоциклового пластического деформирования и разрушения. Процессы микрорезания, упругопластической деформации, активации поверхностного слоя металла, образования и разрушения вторичных структур, полидеформационного разрушения повторяются с частотой соударения гранул среды с обрабатываемой поверхностью детали.

Сущность механо-физико-химической модели вибрационной отделочно-зачистной обработки. Приведенный анализ позволяет построить механо-физико-химическую модель разрушения поверхности детали в среде свободно вибрирующих абразивных гранул. Этапы модели следующие[2]:

1. Ударный механический контакт; на этом этапе имеет место упругая, пластическая, упругопластическая деформация и разрушение поверхностного слоя с удалением частиц металла.

2. Образование разрыхлённого слоя активного металла.

3. Взаимодействие активного слоя металла с окружающей средой; этот этап характеризуется образованием ослабленных вторичных структур.

4. Разрушение вторичных структур последующими ударами гранул среды.

5. Образование специфического субмикрорельефа, представляющего собой слой мелкокораздроблённых частиц, как соединённых между собой «мостиками» охватывания своими ювенальными поверхностями, так и связанных с основным металлом.

Таким образом, интенсивность съёма металла при виброобработке зависит от интенсивности механического и химического воздействия и способности материала детали сопротивляться действию указанных процессов. В связи с рассмотренной моделью разрушение поверхностного слоя обрабатываемой детали представляет интерес определение соотношения каждого из перечисленных этапов модели, а также доли участия каждого из них в общем периоде обработки. Ориентировочно соотношение процессов микрорезания и упругопластического деформирования составляет 30 и 70% [2, 5].

Основные параметры, влияющие на съём металла при отделочно-зачистной виброобработке. Интенсивность виброобработки, оцениваемая весовым съёмом металла в единицу времени с единицы площади поверхности обрабатываемой детали, зависит от многих факторов.

Следует отметить, что производительность виброобработки возрастает с увеличением объёма резервуара и соответственно количество одновременно обрабатываемых деталей [7].

С увеличением амплитуды колебаний резервуара вибростанка производительность обработки увеличивается, что объясняется увеличением силы микроударов гранул рабочей среды и длиной пути активного воздействия их на обрабатываемую поверхность [8].

На производительность виброобработки оказывает влияние и частота колебаний. С её увеличением съём металла возрастает до определённого значения. Увеличение частоты колебаний также способствует более равномерной обработке всей поверхности и исключению

повреждений и поломок тонкостенных хрупких деталей. Однако существует оптимальное значение частоты, с превышением которого съём металла уменьшается [9].

При изучении протекания виброобработки по времени установлено, что съём металла происходит равномерно в течение всего периода обработки с некоторым увеличением в начальный период, когда происходит удаление грубых микронеровностей, заусенцев и скругление острых кромок [10].

С увеличением зернистости абразивной среды съём металла возрастает из-за большей глубины внедрения зёрен в металл, что вызывает интенсивное разрушение обрабатываемой поверхности [11].

Увеличение размеров абразивных гранул также вызывает рост съёма металла, что объясняется относительно большой силой микроударов, наносимых гранулами рабочей среды по обрабатываемой поверхности. Следует отметить, что сила микроударов оказывает большее влияние на съём металла, чем их количество [12].

Твёрдость и вид связки оказывает меньшее влияние на съём металла. При снижении твёрдости материала гранул съём металла возрастает из-за интенсивного разрушения абразива, обновления режущих кромок и увеличения свободноциркулирующих выкрашивавшихся зёрен в рабочей среде.

Вид связки в большей степени влияет на высоту микронеровностей обрабатываемых поверхностей детали. Наибольший съём металла достигается при использовании керамической связки и более эластичной связки, а именно: бакелитовая, вулканитовая и полимерная способствуют уменьшению шероховатости обрабатываемой поверхности, однако съём металла при этом ниже. При прочих равных условиях съём металла интенсивнее происходит с деталей, имеющих больший вес. Это объясняется большим соприкосновением тяжёлых деталей, их перемещением в рабочей среде и увеличением пути и скорости относительного скольжения гранул среды и обрабатываемых деталей.

Существенное влияние на съём металла и интенсивность операций виброшлифования и виброполирования, удаления заусенцев и скругления острых кромок оказывают механические свойства материала обрабатываемых деталей и прежде всего его твёрдость, с увеличением которой интенсивность обработки снижается.

Вместе с тем твёрдость материала обрабатываемой детали не является исчерпывающей характеристикой, определяющей съём металла. Существенное влияние при этом оказывает пластичность обрабатываемого материала.

При обработке хрупких материалов съём металла происходит за счёт срезания, при обработке пластичных материалов – вследствие усталостного

выкрашивания частиц металла при многократном передеформировании отдельных его участков абразивными зёрнами [13].

На величину съёма металла оказывает влияние соотношение объёма абразивных деталей и абразивной среды. Чем меньше деталей в данном объёме абразивной среды, тем больше съём металла [1, 2].

Конфигурация обрабатываемых деталей определяет доступ и контакт гранул рабочей среды к различным элементам обрабатываемой поверхности, что обеспечивает величину съёма металла и степень интенсивности виброобработки. Наиболее интенсивно обрабатываются острые кромки, выступы, открытые поверхности, причём наибольшая интенсивность наблюдается при обработке цилиндрических и сферических поверхностей, и сравнительно хуже происходит обработка плоских поверхностей.

Обработка карманов, отверстий и ниш требует подбора размеров и форм гранул абразивной среды. На интенсивность обработки также влияет характер загрузки и ориентация деталей в резервуаре вибростанка. При обработке закреплённых деталей съём металла выше, чем при обработке свободнагружаемых.

На производительность виброобработки существенное влияние оказывают химически-активные растворы, вводимые в резервуар вибростанка. В зависимости от характера выполняемой операции применяемые растворы могут быть приготовлены на кислотной и щелочной основе.

Увеличивая или уменьшая уровень жидкости в резервуаре можно регулировать интенсивность перемещения гранул рабочей среды и обрабатываемых деталей и тем самым управлять протеканием виброобработки [14].

Выводы

1. Взаимодействие гранул абразивной среды с обрабатываемой поверхностью детали сопровождается такими физическими явлениями, как динамическое воздействие абразивной среды в виде множества соударений её гранул с обрабатываемой поверхностью детали и механохимическим взаимодействием среды и материала детали. Перечисленные явления нельзя рассматривать изолированно. Они действуют в тесной взаимосвязи, дополняя друг друга, усиливая или ослабляя тот или иной эффект.

2. Комплексное рассмотрение взаимодействия гранул среды с поверхностью обрабатываемой детали, а также уточнение влияния основных параметров виброобработки на её интенсивность, оцениваемую количественно удельным съёмом металла и качественно достигаемой шероховатостью поверхности, позволило подойти к созданию механо-физико-химической модели разрушения поверхности детали гранулированной

рабочей средой, подверженной низкочастотным колебаниям.

Литература

1. 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.
2. Бабичев А. П., Бабичев И. А. Основы вибрационной технологии. – Ростов-на-Дону: ДГТУ, 1998. – 624 с.
3. Гончаревич И. Ф., Фролов К. В. Теория вибрационной техники и технологии. – М.: Наука, 1981. – 320 с.
4. Кулаков Ю. М., Хрульков В. А. Отделочно-зачистная обработка деталей. – М.: Машиностроение, 1979. – 216 с.
5. Применение вибрационных технологий на операциях отделочно-зачистной обработки деталей / А.П. Бабичев, П.Д. Мотренко, Л.К. Гиллеспи, Г.А. Прокопец, С.Н. Худолей, Д.Н. Кравченко; под ред. д-ра техн. наук, проф. А.П. Бабичева. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2010. – 289 с.
6. Rodarmer Kenneth W. Vibratory finishing // Tol and Manufact Engr. — 1968. – Vol. 61, № 4. – P. 20-24.
7. Лубенская Л. М., Мицык А. В. Расширение технологических возможностей обработки деталей в «U» – образных контейнерах ВиО – станков // Вопросы вибрационной технологии. – Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2003. – С. 20-23.
8. Власов В. А. Исследование механики взаимодействия шлифовальных тел и стальных деталей в вибрирующих резервуарах: Дис. ...канд. техн. наук: 05.02.08. – Харьков, 1974. – 226 с.
9. Мицык В. Я. Интенсификация обработки деталей в вибрирующих резервуарах встречнодвижущимися потоками рабочей среды: Дис. ...канд. техн. наук: 05.02.08. – М., 1988. – 232 с.
10. Hoskins Colin. Vibretory finishing: no job is too small // Mach. And Prod. Finish. – 1983 - Vol. 141, № 3634. P. 62-63.
11. Рабочие среды для виброабразивной и виброударной обработки деталей. Аналитический обзор № 2589 / ЦНИИинформации. – М., 1980.
12. Ясуник С. Н. Повышение эффективности обработки деталей в вибрирующих контейнерах: Дис. ...канд. техн. наук: 05.03.01. – Харьков, 2003. – 216 с.
13. Коноплянников Ю. А. Исследование процесса объёмной вибрационной обработки деталей приборов: Дис. ...канд. техн. наук: 05.02.08. – М., 1970. – 154 с.
14. Берещенко А.А. Виброхимическая обработка углеродистых и легированных сталей: Дис. ...канд. техн. наук: 05.17.03. – К., 1980. – 132 с.

Mitsyk V. Ya., Pokintelitsa N. I., Chesnokov A. V. EVALUATION OF INTERACTION OF GRANULAR MEDIUM WITH THE WORKPIECE REMOVAL PARAMETERS INFLUENCING METAL REMOVAL DURING FINISHING VIBRATION MACHINING

The characteristic of finishing and stripping treatment in granular media is given. It is noted that the interaction of the medium with the machined parts is accompanied by plastic deformation, micro-cutting, chemical exposure, etc. The presence of impact contact of the granule and the part has been established, which contributes to the formation of the

surface. An approach to the creation has been formed and the essence of the mechanical-physico-chemical model of vibration treatment has been determined. The parameters affecting the removal of metal are set. It is indicated that the nature of vibration treatment is determined by the properties of the cutting grains of the medium granules, their size and shape, the characteristics of the part material, processing modes.

Key words: vibration treatment, granular medium, processed part, metal removal, mechanical-physical-chemical model.

Мицык Владимир Яковлевич, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии машиностроения и инженерного консалтинга ФГБОУ ВО «Луганский государственный университета имени Владимира Даля», г. Луганск.
E-mail: tm.univer@yandex.ru

Покинтелица Николай Иванович, доктор технических наук, профессор кафедры пищевых технологий и оборудования ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь.
E-mail: ni3178rambler.ru

Чесноков Алексей Викторович, доктор технических наук, профессор инженерингового центра «Высокотемпературные композиционные материалы» ФГБОУ ВО «Технологический университет имени дважды Героя Советского Союза, лётчика-космонавта А.А. Леонова», г. Королёв, Московская область.

Mitsyk Vladimir Yakovlevich, candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the department of Mechanical Engineering Technology and Engineering Consulting «LSU named after V. Dahl».

Pokintelitsa Nikolay Ivanovich, doctor of Technical Sciences, professor of the department of Food Technologies and Equipment of the Sevastopol State University, Sevastopol.

Chesnokov Alexey Viktorovich, doctor of Technical Sciences, professor of the Engineering Center "High-temperature Composite Materials" of the Technological University named after twice Hero of the Soviet Union, Cosmonaut A.A. Leonov, Korolev, Moscow region.

Рецензент: Гутько Юрий Иванович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры промышленного литья ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 7.11.2023

УДК 621. 314.222.6.017:621.316.1.025(470+571)

**МИНИМИЗАЦИЯ АКТИВНЫХ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ГРУППАХ
НОМИНАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ
РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ НАПРЯЖЕНИЕМ 10(6) КВ
ГУП ЛНР «РСК» РОССИИ, ВЫЗВАННЫХ АНОРМАЛЬНЫМИ РЕЖИМАМИ
РАБОТЫ**

Парсентьев О. С.

**MINIMIZATION OF ACTIVE LOSSES OF ELECTRICITY IN GROUPS OF RATED
POWER OF POWER TRANSFORMERS OF 10(6) KV DISTRIBUTION ELECTRICAL
NETWORKS OF THE SUE LPR «RGC» OF RUSSIA, CAUSED BY ABNORMAL
OPERATING CONDITIONS**

Parsentev O. S.

В работе проведен анализ технического состояния и потерь активной электроэнергии в группах номинальной мощности существующих двухобмоточных масляных силовых трансформаторов (СТ) с сочетанием напряжений 10(6) /0,4кВ ГУП ЛНР «Республиканская сетевая компания» при транспортировке ее потребителям.

В результате анализа установлено, что активные потери энергии в группах номинальной мощности силовых трансформаторов указанного сочетания напряжения вызваны аномальными режимами работы, к которым относятся броски намагничивающего тока и перевозбуждение, следствием которого является недопустимое искажение синусоидальности кривой напряжения и намагничивающего тока.

Выполнен расчет суммарных годовых потерь активной электроэнергии в группах номинальной мощности существующих масляных двухобмоточных силовых трансформаторов с сочетанием напряжений 10(6)/0,4 кВ ГУП ЛНР «РСК» от аномальных режимов работы.

По результатам установлено, что суммарные годовые потери активной энергии в группах номинальной мощности силовых трансформаторов ГУП ЛНР «РСК» указанного сочетания напряжения имеют чрезмерно большие потери, которые превышают нормируемое значение.

В работе предлагается минимизировать потери активной электроэнергии в существующих распределительных электрических сетях напряжением 10(6) кВ ГУП ЛНР «РСК» путем реализации вариантов технического переоснащения этих сетей на один из классов напряжения 10; 20 и 35 кВ с установкой энергоэффективных силовых трансформаторов с литой изоляцией и соответствующего сочетания напряжения обмоток.

В отдельности для каждого варианта технического переоснащения распределительных электрических сетей напряжением 10(6) кВ ГУП ЛНР «РСК» произведен расчет потерь активной электроэнергии в группах номинальной мощности силовых трансформаторов

сухого исполнения, вызванных аномальными режимами работы.

По результатам расчета выбраны варианты технического переоснащения существующих распределительных электрических сетей напряжением 10(6) кВ ГУП ЛНР «РСК» с установкой двухобмоточных СТ сухого исполнения, обеспечивающие минимальные потери активной электроэнергии в аномальных режимах работы при транспортировке ее потребителям Республики.

Ключевые слова: *трехфазный двухобмоточный силовой трансформатор, магнитная система, сухое исполнение, класс напряжения, распределительные электрические сети, техническое переоснащение, несинусоидальность, магнитная индукция, суммарные годовые потери активной электроэнергии, сочетание напряжений, потери холостого хода, группы номинальной мощности, централизованный парк, единые национальные (общероссийские) электрические сети, аномальный режим работы, бросок намагничивающего тока, перевозбуждение, энергоэффективность.*

Введение. Режим работы силовых трансформаторов при питании одной из обмоток от источника с переменным напряжением при разомкнутых других обмотках называется режимом холостого хода. Потери, возникающие в трансформаторе в режиме холостого хода при номинальном синусоидальном напряжении на обмотке высшего напряжения и номинальной частоте, называются потерями холостого хода. Потери холостого хода СТ состоят из магнитных потерь в магнитной системе, потерь в стальных элементах конструкции остова трансформатора, основных потерь в первичной обмотке, вызванных током холостого хода [1].

Из [1] известно, что при соединении обмотки высшего напряжения по схеме «звезда» без

нулевого провода 3-я гармоническая тока холостого хода не может протекать в первичной обмотке, что приводит к появлению в спектре гармоник 3-й гармонической магнитного потока. Появление указанной составляющей магнитного потока в ядрах приводит также к искажению формы кривой $\Phi(t)$, увеличению удельных потерь в стали и общих потерь в ядрах.

Анализ работ [2; 3 и 4] показывает, что потери активной энергии, затрачиваемой на покрытие потерь холостого хода в существующих двухобмоточных масляных СТ с сочетанием напряжений 10(6)/0,4 кВ, эксплуатируемых в ГУП ЛНР «Республиканская сетевая компания» (ГУП ЛНР «РСК»), из-за аномальных режимов работы многократно превышают норматив потерь электрической энергии при ее передаче по единой национальной (общероссийской) электрической сети (ЕНЭС), осуществляемой публичным акционерным обществом «Федеральная сетевая компания – Россети», утвержденные в Приказе Министерства энергетики Российской Федерации от 30.11.2022 года № 1272 [5].

К аномальным режимам СТ относятся броски намагничивающего тока (БНТ), перевозбуждения (ПВ), перегрузки послеаварийные, внешние КЗ и т.д. [6].

В данной работе остановимся на рассмотрении потерь от БНТ и ПВ, которые представляют наибольший интерес.

Наибольшие БНТ возникают в ненагруженных СТ (включение на холостой ход), но БНТ возможен также в нагруженных и даже закороченных трансформаторах. Бросок тока, возникающий при включении трансформаторов на холостой ход, называют током включения.

В наиболее неблагоприятном случае, т.е. при включении в момент прохождения напряжения через нуль, когда вынужденный магнитный поток в момент включения максимален, а остаточный поток также максимален, но имеет противоположную полярность, максимальные значения потока могут более чем в 2 раза превышать номинальные значения. При этом магнитопровод СТ глубоко насыщается и намагничивающий ток увеличивается в сотни раз, т.е. превышает в несколько раз номинальный ток. С течением времени БНТ затухает до установившегося значения, не превышающего в нормальном режиме нескольких процентов номинального тока. Форма БНТ существенно несинусоидальна. Характеристики БНТ – параметры процесса, характеризующие значения и форму БНТ, – являются случайными величинами, зависящими от моментов коммутации при отключении СТ и при его включении.

Перевозбуждением СТ называют режим, при котором амплитудное значение индукции в магнитопроводе превышает номинальную индукцию холостого хода [7]. Причиной перевозбуждения (ПВ) может быть повышение

напряжения или понижение частоты. При ПВ возрастает намагничивающий ток трансформатора, как и при БНТ, но характеристики тока при ПВ не зависят от момента возникновения аномального режима. Форма кривой намагничивающего тока при ПВ сильно искажена, но в спектре тока отсутствует постоянная составляющая.

Таким образом, теоретические и экспериментальные исследования, направленные на минимизацию активных потерь энергии в существующих двухобмоточных СТ с масляным и воздушным охлаждением общепромышленного назначения, вызванных аномальными режимами работы (БНТ и ПВ), представляют собой актуальную научно-техническую задачу.

Для оценки активных потерь энергии, вызванных аномальными режимами работы в двухобмоточных масляных СТ с сочетанием напряжений 10(6)/0,4 кВ, а также в двухобмоточных СТ с сочетанием напряжений (10;20 и 35)/0,4 кВ сухого исполнения (устанавливаемых в трансформаторных подстанциях после технического переоснащения РЭС – 10(6) кВ в ГУП ЛНР «РСК» на классы напряжения 10; 20 и 35 кВ), при несинусоидальной периодической магнитной индукции, имеющей за период один минимум и один максимум, делаются следующие допущения [2]:

1. Вводится понятие «эквивалентная частота» f_0 , при отсутствии постоянной составляющей магнитной индукции $B_0 = 0,5 \cdot (B_{\max} + B_{\min})$. Это такая частота, при которой синусоидально меняющаяся индукция имеет такую же амплитуду, как максимальная реальная индукция $B_{\max}$, и расчетные потери от вихревых токов за период при отсутствии вытеснения поля равны потерям за период при реальной кривой.

2. В течение частей периода, когда индуцированное напряжение в обмотке отсутствует, никаких потерь в магнитной системе нет.

3. За расчетную температуру, к которой приводятся потери, принимаем 75°C .

4. Нормально допустимое значение коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения при техническом переоснащении РЭС – 10(6) кВ ГУП ЛНР «РСК» на класс напряжения 20 кВ составляет $K_u = 1,16$; предельно допустимое значение $K_u = 1,19$.

При расчете не учитываются потери электроэнергии, выделяемые:

- в СТ, балансодержателями которых не являются ЕНЭС России;
- в коммутационно-защитных аппаратах, контрольно-измерительном оборудовании и ошиновке, связанных с образованием переходного сопротивления;

– от действия электромагнитных переходных процессов, возникающих в результате коммутации в электрических сетях, действия токов одно-, двух-, трехфазного и межвиткового короткого замыкания;
– второстепенные уточнения несущественны.

Таким образом, используя вышеуказанные допущения, по известным паспортным данным СТ (f_c , I_Σ , P_{xx} , Bm) и частоте питающей сети $f_\Sigma = 50$ Гц, а также $K_{\phi(u)}$ – коэффициенте формы кривой реального напряжения, $K_{\phi, \sin}$ – коэффициенте формы для синусоидального напряжения и α – показатель степени, который учитывает зависимость потерь от частоты, предлагается формула, учитывающая влияние несинусоидальности магнитной индукции на потери активной энергии при аномальных режимах работы [ТВТ·ч]:

$$\sum W_{\text{год. не син. СТ}} = \frac{m \cdot T \cdot \left(P_{xx} \cdot \left(\frac{K_{\phi(u)}}{1,11} \right)^{2(\alpha-1)} \right)}{10^{12}}, \quad (1)$$

где P_{xx} – мощность потерь холостого хода, Вт;

T – время работы СТ в РЭС, ч. $T=8760$ ч;

m – количество одинаковых по мощности СТ, шт;

$$K_{\phi, \sin} = \pi / 2\sqrt{2} = 1,11 \text{ по [2];}$$

$$\alpha = 1,56 \text{ по [2].}$$

$K_{\phi(u)}$ – коэффициенте формы кривой реального напряжения определяется по следующей формуле:

$$K_{\phi(u)} = K_u \cdot K_{\phi, \sin}, \quad (2)$$

где K_u – коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения.

С учетом всех преобразований формула (1) для расчета потерь активной энергии в группах номинальной мощности двухобмоточных СТ, работающих в аномальных режимах, окончательно принимает вид [ТВТ·ч]:

$$\sum W_{\text{год. не син. СТ}} = \frac{m \cdot T \cdot \left(P_{xx} \cdot (K_u)^{2(\alpha-1)} \right)}{10^{12}}. \quad (3)$$

В соответствии с требованиями ГОСТ 13109-97 нормально допустимое отклонение для РЭС – 10(6) кВ ГУП ЛНР «РСК» составляет $K_u = 1,17$, предельно допустимое отклонение при этом же напряжении составляет $K_u = 1,20$.

Нормально допустимые и предельно допустимые значения коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения по ГОСТ

13109 для классов напряжения 6,10 и 35 приведены в табл.1.

Таблица 1

Значения коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения в относительных единицах

Нормально допустимое значение при $U_{\text{ном}}$, кВ		Предельно допустимое значение при $U_{\text{ном}}$, кВ	
6-10	35	6-10	35
1,17	1,15	1,20	1,18

Последовательность расчета активных потерь энергии в СТ при аномальных режимах работы $\sum W_{\text{год. не син. СТ}}$ будет выполняться для режимов с нормально допустимым и предельно допустимым искажением синусоидальности кривой напряжения для классов: 6;10; 20 и 35 кВ.

На рис.1 представлены зависимости распределения суммарных годовых потерь активной электроэнергии в группах номинальной мощности централизованного парка существующих масляных двухобмоточных СТ с сочетанием напряжений 10(6)/0,4 кВ ГУП ЛНР «РСК» [3]

$\sum W_{\text{год. не син. СТ}} = f(S_{\text{ном}})$, вызванные аномальными режимами работы при:

– нормально допустимом значении коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения $K_u = 1,17$;

– предельно допустимом значении коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения $K_u = 1,20$.

Анализ рис.1 позволяет сделать заключение о том, что суммарные годовые потери активной энергии в группах номинальной мощности существующих двухобмоточных масляных СТ с сочетанием напряжений 10(6)/0,4 кВ ГУП ЛНР «РСК» [3], образованные аномальными режимами работы, будут составлять:

– при нормально допустимом искажении кривой напряжения: **63,50 %** от суммарной величины отпуска электрической энергии из ЕНЭС ПАО «Федеральная сетевая компания – Россети» (**570471533,80 тыс. кВт·час**), утвержденной в Приказе Министерства энергетики Российской Федерации от 30.11.2022 года за № 1272 для филиалов ЕНЭС России (далее – Приказ), и в **16,5 раза** превысят регламентируемый норматив потерь электроэнергии (**3,84%**) при транспортировке ее потребителям (далее по тексту – регламентируемый норматив потерь электроэнергии) [5];

– при предельно допустимом искажении кривой напряжения: **65,30%** от суммарной величины отпуска электрической энергии из ЕНЭС ПАО «Федеральная сетевая компания – Россети», утвержденной в Приказе, и в **17,0 раз** превысят регламентируемый норматив потерь электроэнергии при транспортировке ее потребителям [5].

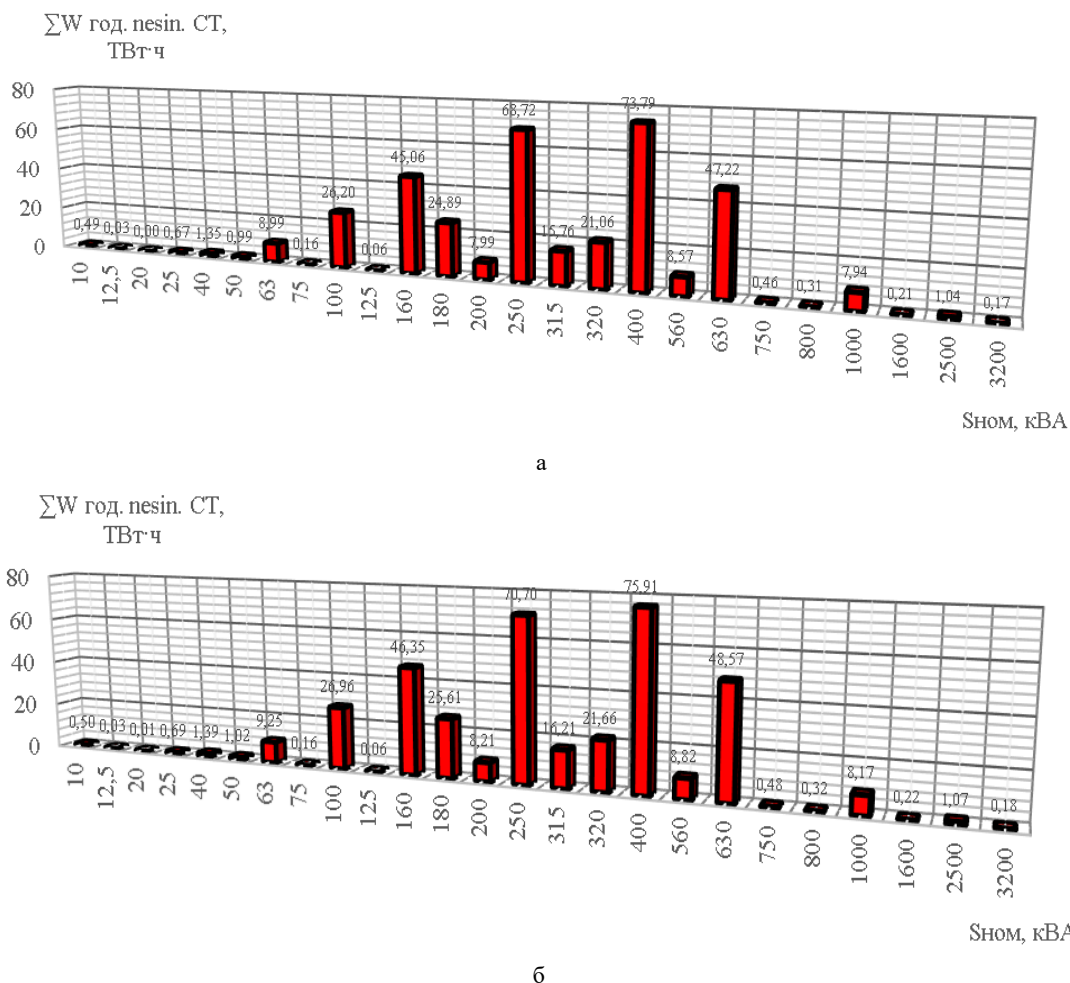


Рис. 1. Зависимости распределения суммарных годовых потерь активной электроэнергии в группах номинальной мощности централизованного парка существующих масляных двухобмоточных СТ с сочетанием напряжений 10(6)/0,4 кВ ГУП ЛНР

«РСК» [3] $\sum W_{год. nesin CT} = f(S_{ном})$, вызванные аномальными режимами работы при:

а – нормально допустимом значении коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения $K_u = 1,17$;

б – предельно допустимом значении значении коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения $K_u = 1,20$

Таким образом, для минимизации потерь активной электроэнергии, вызванных аномальными режимами работы, целесообразно рассмотреть проект технического переоснащения существующих РЭС – 10(6) кВ ГУП ЛНР «РСК» на один из классов напряжения 10; 20 и 35 кВ с заменой морально устаревших СТ мощностью 12,5; 20; 50; 75; 125; 180; 200; 560; 750; 800; 1600; 2500 и 3200 кВА на СТ сухого исполнения с сочетанием напряжений (10; 20; 35 /0,4 кВ), спроектированные в соответствии с основными отраслевыми стандартами: ГОСТ 9680 – 77; ГОСТ Р 52719 – 2007; ГОСТ Р 54827 – 2011; ГОСТ 16772 – 77; ИЕС 60076 – 11; ИЕС 60726 и ИЕС 61378 – 1, CENELEC HD 464 – HD 538.

Для определения варианта с малыми потерями активной электроэнергии в трансформаторах от аномальных режимов в настоящей работе будут сопоставлены технические характеристики двухобмоточных масляных СТ с сочетанием напряжений 10(6)/0,4 кВ, эксплуатируемые в РЭС –

10(6) кВ ГУП ЛНР «РСК» по состоянию на 01.01.2007 года с техническими характеристиками двухобмоточных СТ сухого исполнения с сочетанием напряжений (10; 20 и 35/0,4 кВ), предназначенные для установки в РЭС – 10(6) кВ после технического переоснащения на один из классов напряжения 10; 20 или 35 кВ [3; 4; 8; 9; 10].

Для установки в РЭС – 10(6) кВ ГУП ЛНР «РСК» используются технические характеристики двухобмоточных СТ сухого исполнения с сочетанием напряжений (10; 20 и 35)/0,4 кВ следующих заводов изготовителей:

1. УК АО «ГРУППА СВЭЛ» (Екатеринбург, Россия) [8].

2. Компания «SEA» (Италия) [9].

3. Компания «Legrand» (Франция) [10].

Сравнительные результаты вариантов технического переоснащения РЭС-10(6) кВ ГУП ЛНР «РСК» Российской Федерации для минимизации потерь активной электроэнергии в СТ,

вызванных аномальными режимами работы, приводятся ниже.

Вариант 1. Техническое переоснащение РЭС-10(6) кВ ГУП ЛНР «РСК» РФ на класс напряжения 10 кВ с установкой энергоэффективных двухобмоточных СТ серии ТС(Л) сухого исполнения производства УК АО «ГРУППА СВЭЛ» (Екатеринбург, Россия).

К установке принимаются двухобмоточные СТ серии ТС(Л) с литой изоляцией и с сочетанием напряжений 10/0,4 кВ [8].

При техническом переоснащении существующих РЭС-10(6) кВ ГУП ЛНР «РСК» РФ на класс напряжения 10 кВ количество и суммарная номинальная мощность двухобмоточных СТ с сочетанием напряжений 10/0,4 кВ будут такими, как представлено в табл. 2.

По результатам расчета на рис. 2 представлены зависимости распределения суммарных годовых потерь активной электроэнергии в группах номинальной мощности двухобмоточных СТ сухого исполнения серии ТС(Л) с сочетанием напряжений 10/0,4 кВ, установленных при реализации плана по техническому переоснащению существующих РЭС – 10(6) кВ ГУП ЛНР «РСК» на класс напряжения 10 кВ $\sum W_{\text{год.несин.СТ}} = f(S_{\text{ном}})$ с учетом аномальных режимов работы при:

а – нормально допустимом значении коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения $K_u = 1,17$;

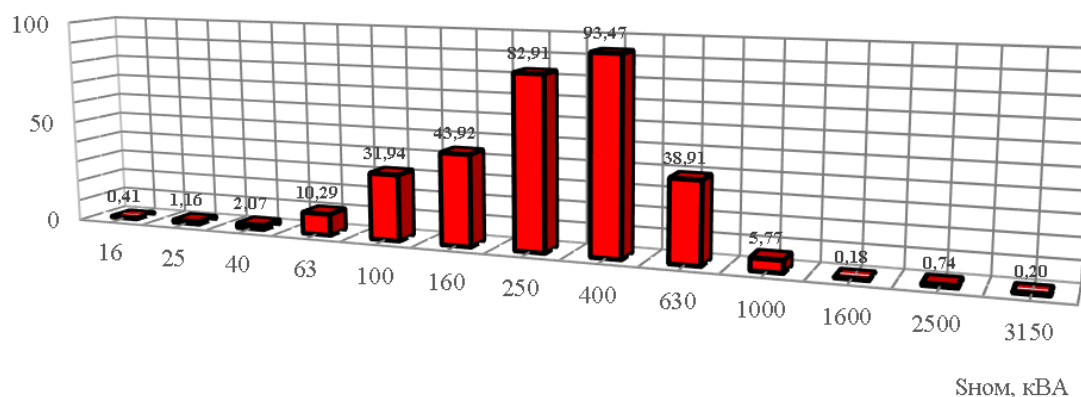
б – предельно допустимом значении коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения $K_u = 1,20$.

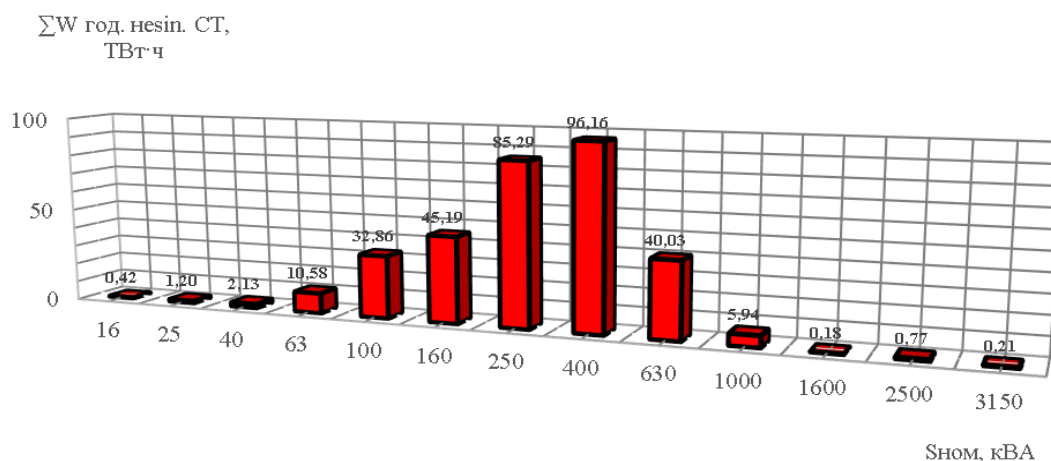
Таблица 2

Число и номинальная мощность двухобмоточных СТ сухого исполнения серии ТС(Л) с сочетанием напряжений 10/0,4 кВ после технического переоснащения РЭС-10(6) кВ ГУП ЛНР «РСК» РФ на класс напряжения 10 кВ

Номинальная мощность СТ $S_{\text{ном}}$, кВА	Всего СТ, штук	Суммарная номинальная мощность СТ, $\sum S_{\text{ном}}$, кВА
16	77	1232
25	163	4075
40	239	9560
63	977	61551
100	2124	212400
160	2124	339840
250	3150	787500
400	2486	994400
630	900	567000
1000	93	93000
1600	2	3200
2500	6	15000
3150	1	3150
Всего:	12342	3091958

$\sum W_{\text{год.несин.СТ}}$,
ТВт·ч





6

Рис. 2. Зависимости распределения суммарных годовых потерь активной электроэнергии в группах номинальной мощности двухобмоточных СТ сухого исполнения серии ТС(Л) с сочетанием напряжений 10/0,4 кВ, установленных при реализации плана по техническому перевооружению существующих РЭС – 10(6) кВ ГУП ЛНР «РСК» на класс напряжения 10 кВ ГУП ЛНР

$$\text{«РСК» } \sum W_{\text{год. несин. СТ}} = f(S_{\text{ном}}) \text{ с учетом аномальных режимов работы при:}$$

- а – нормально допустимом значении коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения $K_u = 1,17$;
 б – предельно допустимом значении коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения $K_u = 1,20$

Анализ представленных зависимостей позволяет сделать заключение о том, что наибольшие потери активной электроэнергии, вызванные аномальными режимами работы, выделяются в группах СТ сухого исполнения с сочетанием напряжений 10/0,4 кВ номинальной мощностью $S_{\text{ном}} = 100 - 630$ кВА.

Суммарные годовые потери активной энергии в группах номинальной мощности двухобмоточных СТ с сочетанием напряжений 10/0,4 кВ серии ТС(Л) в ГУП ЛНР «РСК», образованные аномальными режимами работы, будут составлять при:

– нормально допустимом искажении синусоидальности кривой напряжения: **54,70 %** от суммарной величины отпуска электрической энергии из ЕНЭС ПАО «Федеральная сетевая компания – Россети», утвержденной в Приказе, и в **14,2** раза превысят регламентируемый норматив потерь электроэнергии при транспортировке ее потребителям [5];

– предельно допустимом искажении синусоидальности кривой напряжения: **56,30%** от

суммарной величиной отпуска электрической энергии из ЕНЭС ПАО «Федеральная сетевая компания – Россети», утвержденной в Приказе [5], и в **14,70** раза превысят регламентируемый норматив потерь электроэнергии при транспортировке ее потребителям [5].

Вариант 2. Техническое перевооружение РЭС-10(6) кВ ГУП ЛНР «РСК» РФ на класс напряжения 35 кВ с установкой энергоэффективных двухобмоточных СТ серии ТС(Л) сухого исполнения производства УК АО «ГРУППА СВЭЛ» (Екатеринбург, Россия).

К установке принимаются двухобмоточные СТ серии ТС(Л) энергоэффективные (класс А) с литой изоляцией и с сочетанием напряжений 35/0,4 кВ [8].

При техническом перевооружении существующих РЭС-10(6) кВ ГУП ЛНР «РСК» РФ на класс напряжения 35 кВ количество и суммарная номинальная мощность СТ с сочетанием напряжений 35/0,4 кВ будут такими, как представлено в табл. 3.

Таблица 3

Число и номинальная мощность двухобмоточных СТ сухого исполнения серии ТС(Л) с сочетанием напряжений 35/0,4 кВ после технического перевооружения РЭС-10(6) кВ ГУП ЛНР «РСК» РФ на класс напряжения 35 кВ

Номинальная мощность СТ S _{ном} , кВА	Всего СТ, штук	Суммарная номинальная мощность СТ, Σ S _{ном} , кВА
16	77	1232
40	402	16080
63	977	61551
100	2124	212400
250	5274	1318500
400	2486	994400
630	900	567000
1000	93	93000
1600	2	3200
2500	6	15000
3150	1	3150
Всего:	12342	3285563

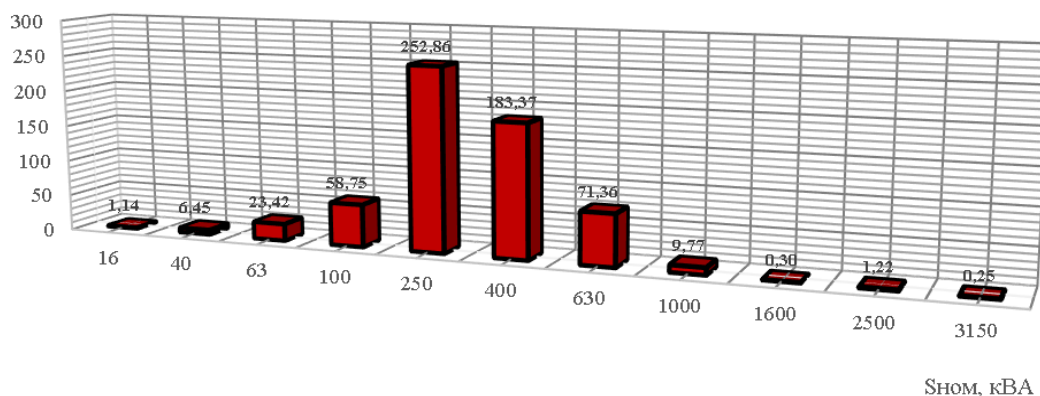
По результатам расчета на рис. 3 представлены зависимости распределения суммарных годовых потерь активной электроэнергии в группах номинальной мощности двухобмоточных СТ сухого исполнения серии ТС(Л) с сочетанием напряжений 35/0,4 кВ, при реализации плана по техническому перевооружению существующих РЭС – 10(6) кВ ГУП ЛНР «РСК» на класс напряжения 35 кВ ГУП ЛНР

«РСК» $\sum W_{год. не sin CT} = f(S_{ном})$ с учетом аномальных режимов работы при:

а – нормально допустимом значении коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения $K_u = 1,15$;

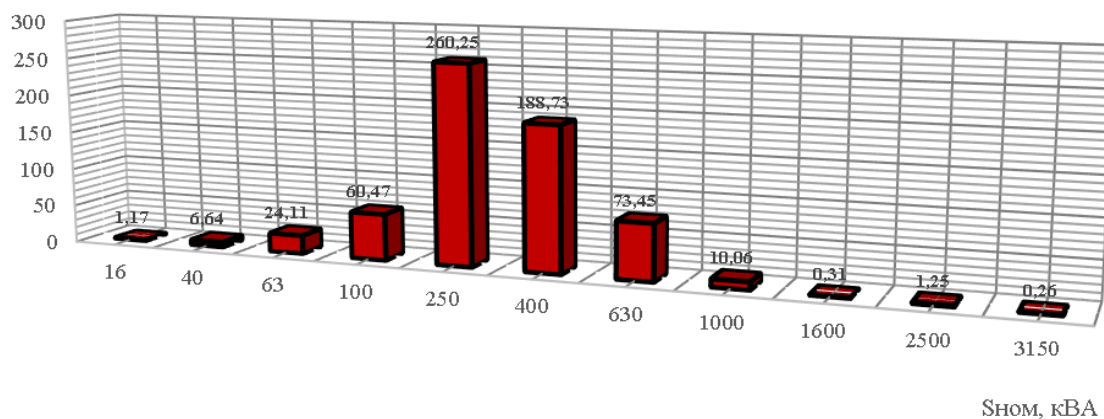
б – предельно допустимом значении коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения $K_u = 1,18$.

$\sum W_{год. не sin CT},$
ТВт·ч



а

$\sum W_{год. не sin CT},$
ТВт·ч



б

Рис. 3. Зависимости распределения суммарных годовых потерь активной электроэнергии в группах номинальной мощности двухобмоточных СТ сухого исполнения серии ТС(Л) с сочетанием напряжений 35/0,4 кВ, установленных при реализации плана по техническому перевооружению существующих РЭС – 10(6) кВ ГУП ЛНР «РСК» на класс напряжения 35 кВ ГУП ЛНР «РСК»

$\sum W_{год. не sin CT} = f(S_{ном})$ с учетом аномальных режимов работы при:

а – нормально допустимом значении коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения $K_u = 1,15$;

б – предельно допустимом значении значения коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения $K_u = 1,18$

Анализ представленных зависимостей позволяет сделать заключение о том, что наибольшие потери активной электроэнергии, вызванные аномальными режимами работы, выделяются в группах СТ сухого исполнения с

сочетанием напряжений 35/0,4 кВ номинальной мощностью $S_{ном} = 100 - 630$ кВА.

Суммарные годовые потери активной энергии в группах номинальной мощности двухобмоточных СТ с сочетанием напряжений 35/0,4 кВ серии ТС(Л)

в ГУП ЛНР «РСК», образованные аномальными режимами работы, будут составлять при:

– нормально допустимом искажении синусоидальности кривой напряжения: **106,70% от** суммарной величины отпуска электрической энергии из ЕНЭС ПАО «Федеральная сетевая компания – Россети», утвержденной в Приказе, и в **27,8 раза** превысят регламентируемый норматив потерь электроэнергии при транспортировке ее потребителям [5];

– предельно допустимом искажении синусоидальности кривой напряжения: **109,90% от** суммарной величиной отпуска электрической энергии из ЕНЭС ПАО «Федеральная сетевая компания – Россети», утвержденной в Приказе, и в **28,6 раза** превысят регламентируемый норматив потерь электроэнергии при транспортировке ее потребителям [5].

Вариант 3. Техническое перевооружение РЭС-10(6) кВ ГУП ЛНР «РСК» на класс напряжения 10 кВ с установкой двухобмоточных

СТ сухого исполнения серии TTR-A (компания SEA, Италия).

К установке принимаются двухобмоточные СТ серии TTR – А с литой изоляцией и с сочетанием напряжений 10/0,4 кВ [9].

При техническом перевооружении существующих РЭС-10(6) кВ ГУП ЛНР «РСК» РФ на класс напряжения 10 кВ следует учесть, что компания SEA не выпускает СТ данной серии с сочетанием напряжений 10/0,4 кВ сухого исполнения номинальной мощностью 10; 16; 25; 40 и 63 кВА.

Поэтому осуществить замену существующих масляных двухобмоточных СТ с сочетанием напряжений 10/0,4 кВ с указанным номиналом мощностей можно будет аналогичным количеством трансформаторов серии TTR-A сухого исполнения номинальной мощностью 50 и 100 кВА.

Таким образом, количество и суммарная номинальная мощность СТ серии TTR-A с сочетанием напряжений 10/0,4 кВ в РЭС ГУП ЛНР «РСК» будут такими, как представлено в табл. 4.

Таблица 4

Число и номинальная мощность СТ сочетанием напряжений 10/0,4 кВ серии TTR-A после технического перевооружения РЭС-10(6) кВ ГУП ЛНР «РСК» на класс напряжения 10 кВ

Номинальная мощность СТ $S_{\text{ном}}$, кВА	Всего СТ, штук	Суммарная номинальная мощность СТ, $\sum S_{\text{ном}}$, кВА
50	554	27700
100	3026	302600
160	2124	339840
200	921	184200
250	2229	557250
315	617	194355
400	1869	747600
630	900	567000
800	5	4000
1000	88	88000
1600	2	3200
2500	6	15000
3150	1	3150
Всего:	12342	3033895

По результатам расчета на рис. 4 представлены зависимости распределения суммарных годовых потерь активной электроэнергии в группах номинальной мощности двухобмоточных СТ сухого исполнения серии TTR-A с сочетанием напряжений 10/0,4 кВ, установленных при реализации плана по техническому перевооружению существующих РЭС – 10(6) кВ ГУП ЛНР «РСК» $\sum W_{\text{год. не син СТ}} = f(S_{\text{ном}})$ с учетом аномальных режимов работы при:

а – нормально допустимом значении коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения $K_u = 1,17$;

б – предельно допустимом значении коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения $K_u = 1,20$.

Анализ представленных зависимостей позволяет сделать заключение о том, что наибольшие потери активной электроэнергии, вызванные аномальными режимами работы, выделяются в группах СТ сухого исполнения с сочетанием напряжений 10/0,4 кВ номинальной мощностью $S_{\text{ном}} = 100 - 630$ кВА.

Суммарные годовые потери активной энергии в группах номинальной мощности двухобмоточных СТ с сочетанием напряжений 10/0,4 кВ серии TTR-A в ГУП ЛНР «РСК», образованные аномальными режимами работы, будут составлять при:

– нормально допустимом искажении синусоидальности кривой напряжения: **64,0% от** суммарной величины отпуска электрической энергии из ЕНЭС ПАО «Федеральная сетевая компания – Россети», утвержденной в Приказе, и в **16,7 раза** превысят регламентируемый норматив

потерь электроэнергии при транспортировке ее потребителям [5];

– предельно допустимом искажении синусоидальности кривой напряжения: **65,80%** от суммарной величиной отпуса электрической

энергии из ЕНЭС ПАО «Федеральная сетевая компания – Россети», утвержденной в Приказе, и **в 17,1 раза** превысят регламентируемый норматив потерь электроэнергии при транспортировке ее потребителям [5].

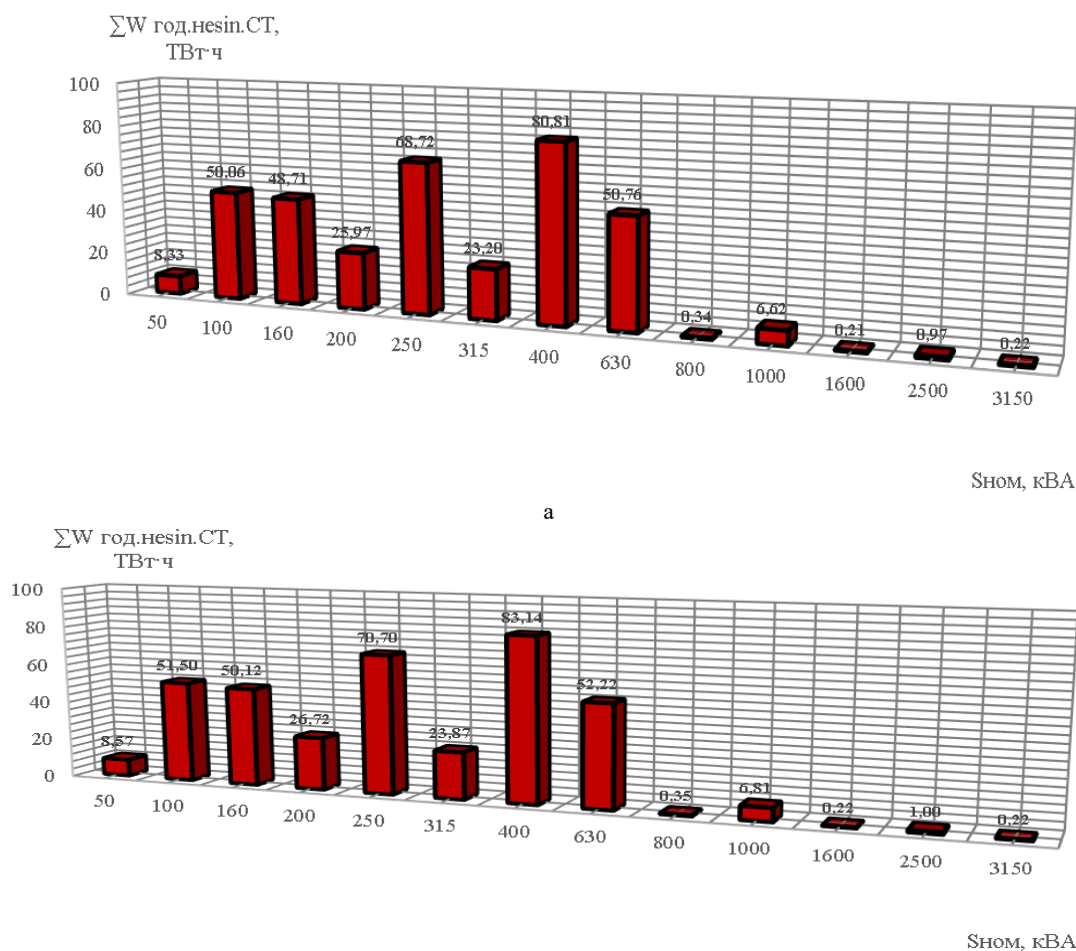


Рис. 4. Зависимости распределения суммарных годовых потерь активной электроэнергии в группах номинальной мощности двухобмоточных СТ сухого исполнения серии TTR-A с сочетанием напряжений 10/0,4 кВ, установленных при реализации плана по техническому перевооружению существующих РЭС – 10(6) кВ ГУП ЛНР «РСК» на класс

напряжения 10 кВ ГУП ЛНР «РСК» $\sum W_{год.не sin CT} = f(S_{ном})$ с учетом аномальных режимов работы при:

а – нормально допустимом значении коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения $K_u = 1,17$;

б – предельно допустимом значении коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения $K_u = 1,20$

Вариант 4. Техническое перевооружение РЭС-10(6) кВ ГУП ЛНР «РСК» на класс напряжения 10 кВ с установкой двухобмоточных СТ сухого исполнения серии TTR-AR (компания SEA, Италия).

К установке принимаются двухобмоточные СТ серии TTR – AR с литой изоляцией и с сочетанием напряжений 10/0,4 кВ [9].

При техническом перевооружении существующих РЭС-10(6) кВ ГУП ЛНР «РСК» РФ на класс напряжения 10 кВ следует учесть, что компания SEA не выпускает СТ данной серии с сочетанием напряжений 10/0,4 кВ сухого

исполнения номинальной мощностью 10; 16; 25; 40 и 63 кВА.

Поэтому осуществить замену существующих масляных СТ с сочетанием напряжений 10(6)/0,4 кВ с указанным номиналом мощностей можно будет аналогичным количеством двухобмоточных трансформаторов серии TTR-AR сухого исполнения номинальной мощностью 50 и 100 кВА.

Таким образом, количество и суммарная номинальная мощность СТ серии TTR – AR с сочетанием напряжений 10/0,4 кВ в РЭС ГУП ЛНР «РСК» будут такими, как представлено в табл. 5.

Таблица 5

Число и номинальная мощность СТ сочетанием напряжений 10/0,4 кВ серии ТТН-АР после технического перевооружения РЭС-10(6) кВ ГУП ЛНР «РСК» на класс напряжения 10 кВ

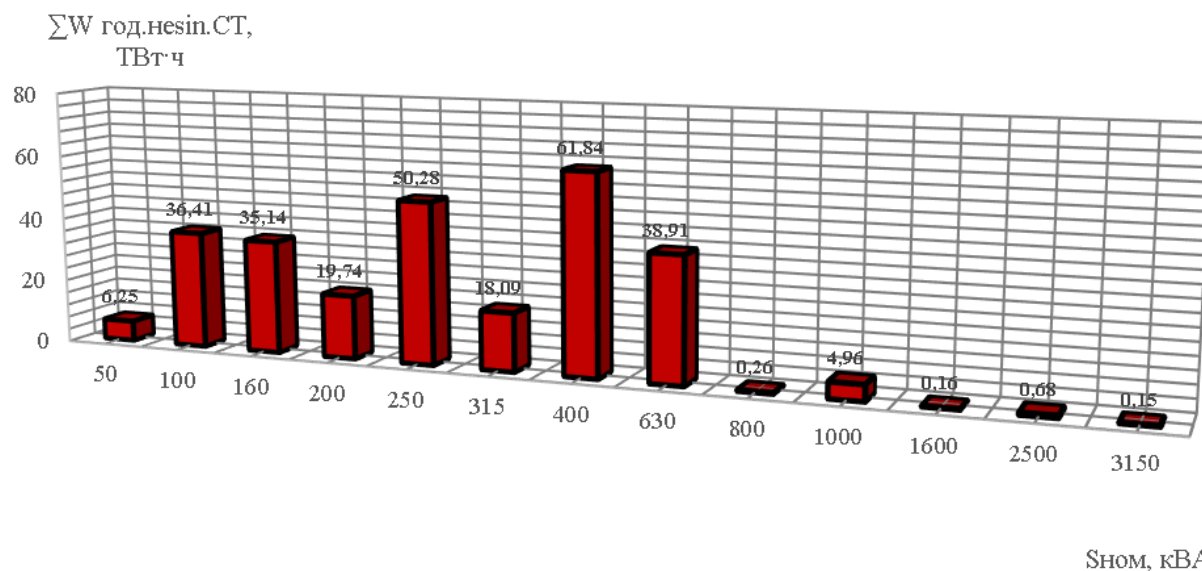
Номинальная мощность СТ $S_{ном}$, кВА	Всего СТ, штук	Суммарная номинальная мощность СТ, $\sum S_{ном}$, кВА
50	554	27700
100	3026	302600
160	2124	339840
200	921	184200
250	2229	557250
315	617	194355
400	1869	747600
630	900	567000
800	5	4000
1000	88	88000
1600	2	3200
2500	6	15000
3150	1	3150
Всего:	12342	3033895

По результатам расчета на рис. 5 представлены зависимости распределения суммарных годовых потерь активной электроэнергии в группах номинальной мощности двухобмоточных СТ сухого исполнения серии ТТН-АР с сочетанием напряжений 10/0,4 кВ, установленных при реализации плана по техническому перевооружению существующих РЭС – 10(6) кВ ГУП ЛНР «РСК» на класс напряжения 10 кВ ГУП ЛНР «РСК»

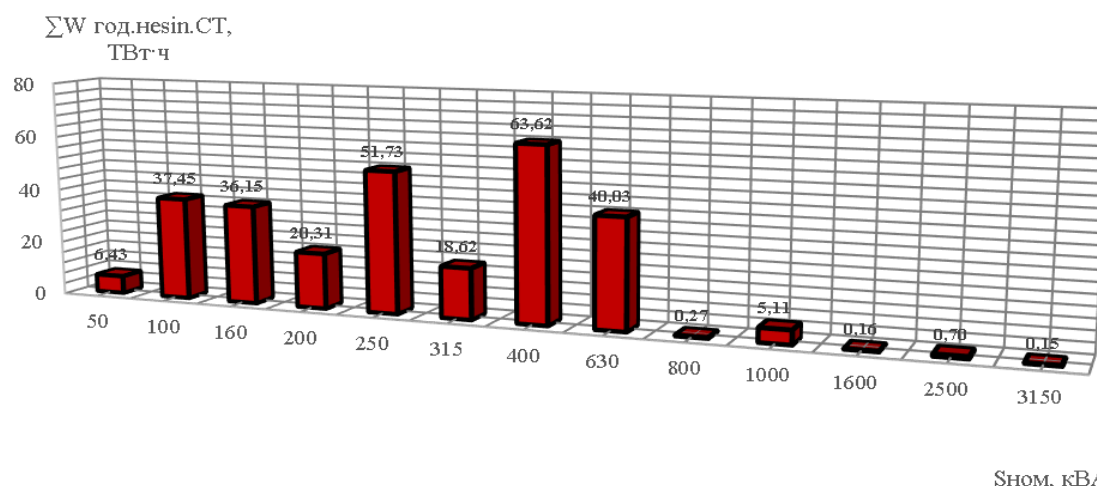
$\sum W_{год. не sin CT} = f(S_{ном})$ с учетом аномальных режимов работы при:

а – нормально допустимом значении коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения $K_u = 1,17$;

б – предельно допустимом значении коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения $K_u = 1,20$.



а



б

Рис. 5. Зависимости распределения суммарных годовых потерь активной электроэнергии в группах номинальной мощности двухобмоточных СТ сухого исполнения серии TTR-AR с сочетанием напряжений 10/0,4 кВ, установленных при реализации планов по техническому переоснащению существующих РЭС – 10(6) кВ ГУП ЛНР «РСК» на класс напряжения 10 кВ ГУП ЛНР «РСК» $\sum W_{год.несин.СТ} = f(S_{ном})$ с учетом аномальных режимов работы при:

а – нормально допустимом значении коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения $K_u = 1,17$;

б – предельно допустимом значении коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения $K_u = 1,20$

Анализ представленных зависимостей позволяет сделать заключение о том, что наибольшие потери активной электроэнергии, вызванные аномальными режимами работы, выделяются в группах СТ сухого исполнения с сочетанием напряжений 10/0,4 кВ номинальной мощностью $S_{ном} = 100 - 630$ кВА.

Суммарные годовые потери активной энергии в группах номинальной мощности двухобмоточных СТ с сочетанием напряжений 10/0,4 кВ серии TTR-AR в ГУП ЛНР «РСК», образованные аномальными режимами работы, будут составлять при:

– нормально допустимом искажении синусоидальности кривой напряжения: **47,8% от** суммарной величины отпуска электрической энергии из ЕНЭС ПАО «Федеральная сетевая компания – Россети», утвержденной в Приказе, и в **12,5 раза** превысят регламентируемый норматив потерь электроэнергии при транспортировке ее потребителям [5];

– предельно допустимом искажении синусоидальности кривой напряжения: **49,20% от** суммарной величиной отпуска электрической энергии из ЕНЭС ПАО «Федеральная сетевая компания – Россети», утвержденной в Приказе, и в **12,8 раза** превысят регламентируемый норматив потерь электроэнергии при транспортировке ее потребителям [5].

Вариант 5. Техническое переоснащение РЭС–10(6) кВ ГУП ЛНР «РСК» на класс напряжения 20 кВ с установкой СТ сухого исполнения серии TTR – С (компания SEA, Италия).

К установке принимаются двухобмоточные СТ серии TTR – С с литой изоляцией и с сочетанием напряжений 20/0,4 кВ [9].

При техническом переоснащении существующих РЭС–10(6) кВ ГУП ЛНР «РСК» на класс напряжения 20 кВ следует учесть, что компания SEA не выпускает СТ данной серии с сочетанием напряжений 20/0,4 кВ сухого исполнения номинальной мощностью 10; 16; 25; 40 и 63 кВА.

Поэтому осуществить замену существующих масляных двухобмоточных СТ с сочетанием напряжений 20/0,4 кВ с указанным номиналом мощностей можно будет аналогичным количеством двухобмоточных трансформаторов серии TTR – С сухого исполнения номинальной мощностью 50 и 100 кВА.

Таким образом, количество и суммарная номинальная мощность двухобмоточных СТ серии TTR – С с сочетанием напряжений 20/0,4 кВ в РЭС ЛНР будут такими, как представлено в табл. 6.

По результатам расчета на рис. 6 представлены зависимости распределения суммарных годовых потерь активной электроэнергии в группах номинальной мощности двухобмоточных СТ сухого исполнения серии TTR – С с сочетанием напряжений 20/0,4 кВ, установленных при реализации плана по техническому переоснащению существующих РЭС – 10(6) кВ ГУП ЛНР «РСК» на класс напряжения 20 кВ ГУП ЛНР «РСК» $\sum W_{год.несин.СТ} = f(S_{ном})$ с учетом аномальных режимов работы при:

а – нормально допустимом значении коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения $K_u = 1,16$;

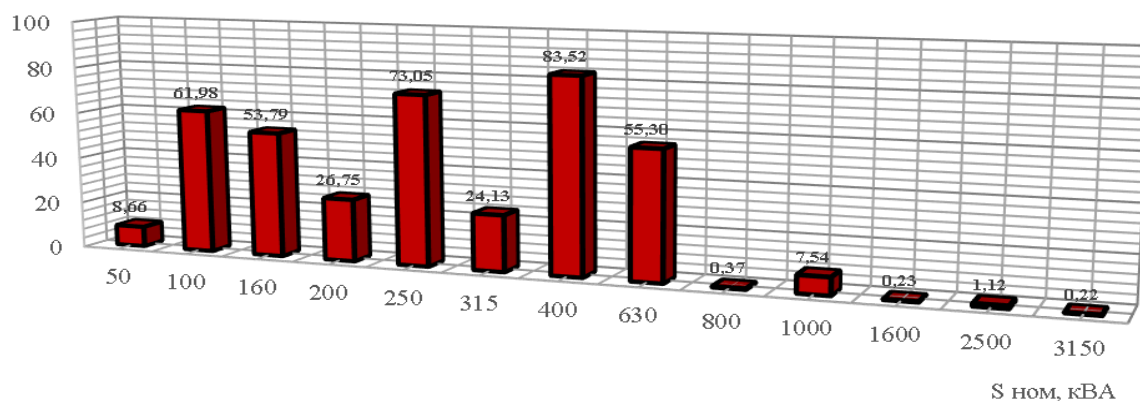
б – предельно допустимом значении коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения $K_u = 1,19$.

Таблица 6

Число и номинальная мощность СТ сочетанием напряжений 20/0,4 кВ серии ТТН – С после технического перевооружения РЭС–10(6) кВ ГУП ЛНР «РСК» на класс напряжения 20 кВ

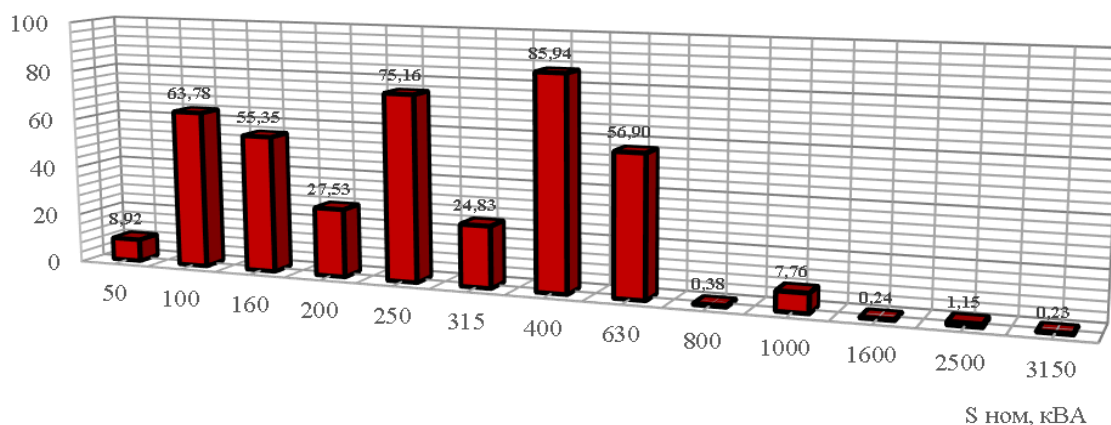
Номинальная мощность СТ $S_{\text{ном}}$, кВА	Всего СТ, штук	Суммарная номинальная мощность СТ $\sum S_{\text{ном}}$, кВА
50	554	27700
100	3026	302600
160	2124	339840
200	921	184200
250	2229	557250
315	617	194355
400	1869	747600
630	900	567000
800	5	4000
1000	88	88000
1600	2	3200
2500	6	15000
3150	1	3150
Всего:	12342	3033895

$\sum W_{\text{год.несин. СТ,}} \\ \text{ТВт}\cdot\text{ч}$



а

$\sum W_{\text{год.несин. СТ,}} \\ \text{ТВт}\cdot\text{ч}$



б

Рис. 6. Зависимости распределения суммарных годовых потерь активной электроэнергии в группах номинальной мощности двухобмоточных СТ сухого исполнения серии ТТН-С с сочетанием напряжений 20/0,4 кВ, установленных при реализации плана по техническому перевооружению существующих РЭС – 10(6) кВ ГУП ЛНР «РСК» на класс

напряжения 20 кВ ГУП ЛНР «РСК» $\sum W_{\text{год.несин. СТ}} = f(S_{\text{ном}})$ с учетом аномальных режимов работы при:

а – нормально допустимом значении коэффициента синусоидальности кривой напряжения $K_u = 1,16$;

б – предельно допустимом значении коэффициента синусоидальности кривой напряжения $K_u = 1,19$

Анализ представленных зависимостей позволяет сделать заключение о том, что наибольшие потери активной электроэнергии, вызванные аномальными режимами работы, выделяются в группах СТ сухого исполнения с сочетанием напряжений 20/0,4 кВ номинальной мощностью $S_{ном} = 100 - 630$ кВА.

Суммарные годовые потери активной энергии в группах номинальной мощности двухобмоточных СТ с сочетанием напряжений 20/0,4 кВ серии TTR-C в ГУП ЛНР «РСК», образованные аномальными режимами работы будут составлять при:

– нормально допустимом искажении синусоидальности кривой напряжения: **69,5 %** от суммарной величины отпуска электрической энергии из ЕНЭС ПАО «Федеральная сетевая компания – Россети», утвержденной в Приказе, и в **18,10 раза** превысят регламентируемый норматив потерь электроэнергии при транспортировке ее потребителям [5];

– предельно допустимом значении: **71,5 %** от суммарной величины отпуска электрической энергии из ЕНЭС ПАО «Федеральная сетевая компания – Россети», утвержденной в Приказе, и в **18,60 раза** превысят регламентируемый норматив потерь электроэнергии при транспортировке ее потребителям [5].

Вариант 6. Техническое переоснащение РЭС–10(6) кВ ГУП ЛНР «РСК» на класс напряжения 20 кВ с установкой СТ сухого исполнения серии TTR – CR (компания SEA, Италия).

К установке принимаются двухобмоточные СТ серии TTR – CR с литой изоляцией и с сочетанием напряжений 20/0,4 кВ [9].

При техническом переоснащении существующих РЭС–10(6) кВ ГУП ЛНР «РСК» на класс напряжения 20 кВ следует учесть, что компания SEA не выпускает СТ данной серии с сочетанием напряжений 20/0,4 кВ сухого исполнения номинальной мощностью 10; 16; 25; 40 и 63 кВА.

Поэтому осуществить замену существующих масляных двухобмоточных СТ с сочетанием напряжений 20/0,4 кВ с указанным номиналом мощностей можно будет аналогичным количеством двухобмоточных трансформаторов серии TTR – CR сухого исполнения номинальной мощностью 50 и 100 кВА.

Таким образом, количество и суммарная номинальная мощность двухобмоточных СТ серии TTR – CR с сочетанием напряжений 20/0,4 кВ в РЭС ЛНР будут такими, как представлено в табл. 7.

Таблица 7

Число и номинальная мощность СТ сочетанием напряжений 20/0,4 кВ серии TTR – CR после технического переоснащения РЭС–10(6) кВ ГУП ЛНР «РСК» на класс напряжения 20 кВ

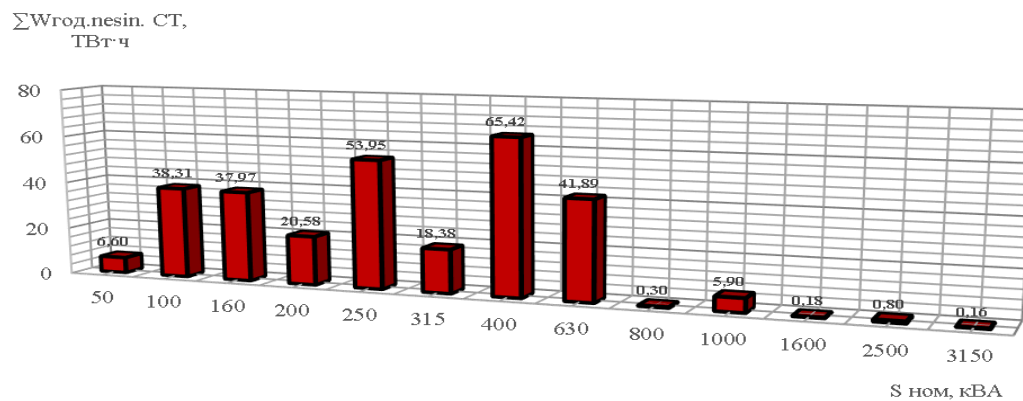
Номинальная мощность СТ $S_{ном}$, кВА	Всего СТ, штук	Суммарная номинальная мощность СТ, $\sum S_{ном}$, кВА
50	554	27700
100	3026	302600
160	2124	339840
200	921	184200
250	2229	557250
315	617	194355
400	1869	747600
630	900	567000
800	5	4000
1000	88	88000
1600	2	3200
2500	6	15000
3150	1	3150
Всего:	12342	3033895

По результатам расчета на рис. 7 представлены зависимости распределения суммарных годовых потерь активной электроэнергии в группах номинальной мощности двухобмоточных СТ сухого исполнения серии TTR – CR с сочетанием напряжений 20/0,4 кВ, установленных при реализации плана по техническому переоснащению существующих РЭС – 10(6) кВ ГУП ЛНР «РСК» на класс напряжения 20 кВ ГУП ЛНР «РСК»

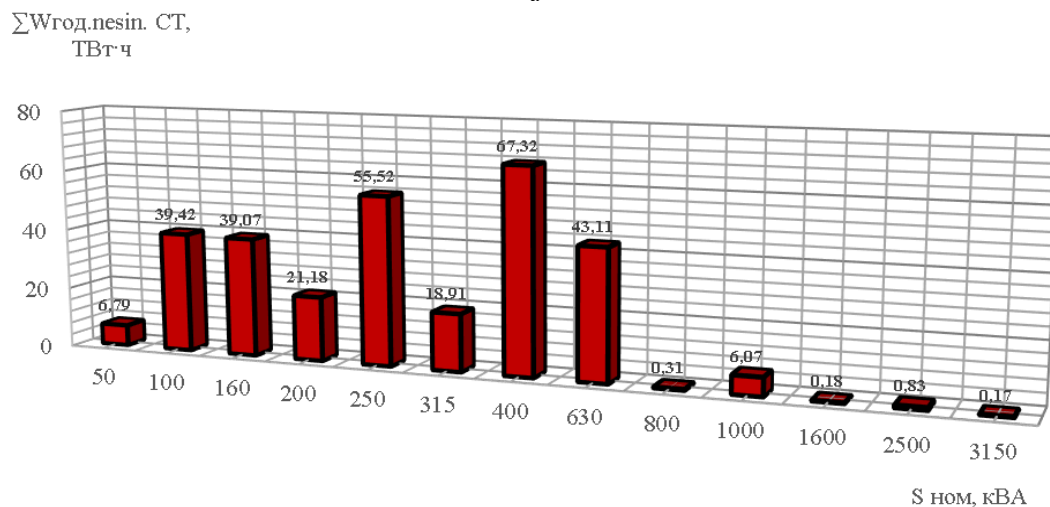
$\sum W_{год. не sin CT} = f(S_{ном})$ с учетом аномальных режимов работы при:

а – нормально допустимом значении коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения $K_u = 1,16$;

б – предельно допустимом значении коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения $K_u = 1,19$.



а



б

Рис. 7. Зависимости распределения суммарных годовых потерь активной электроэнергии в группах номинальной мощности двухобмоточных СТ сухого исполнения серии TTR-CR с сочетанием напряжений 20/0,4 кВ, установленных при реализации планов по техническому перевооружению существующих РЭС – 10(6) кВ ГУП ЛНР «РСК» на класс

напряжения 20 кВ ГУП ЛНР «РСК» $\sum W_{год.несин CT} = f(S_{ном})$ с учетом аномальных режимов работы при:

а – нормально допустимом значении коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения $K_u = 1,16$;

б – предельно допустимом значении коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения $K_u = 1,19$

Анализ представленных зависимостей позволяет сделать заключение о том, что наибольшие потери активной электроэнергии, вызванные аномальными режимами работы, выделяются в группах СТ сухого исполнения с сочетанием напряжений 20/0,4 кВ номинальной мощностью $S_{ном} = 100 - 630$ кВА.

Суммарные годовые потери активной энергии в группах номинальной мощности двухобмоточных СТ с сочетанием напряжений 20/0,4 кВ серии TTR-CR в ГУП ЛНР «РСК», образованные аномальными режимами работы будут составлять при:

– нормально допустимом искажении синусоидальности кривой напряжения: **50,9 %** от суммарной величины отпуска электрической энергии из ЕНЭС ПАО «Федеральная сетевая компания – Россети», утвержденной в Приказе, и в **13,3 раза** превысят регламентируемый норматив потерь электроэнергии при транспортировке ее потребителям [5];

– предельно допустимом искажении синусоидальности кривой напряжения: **52,4 %** от суммарной величины отпуска электрической энергии из ЕНЭС ПАО «Федеральная сетевая компания – Россети», утвержденной в Приказе, и в **13,6 раза** превысят регламентируемый норматив потерь электроэнергии при транспортировке ее потребителям [5].

Вариант 7. Техническое перевооружение РЭС-10(6) кВ ГУП ЛНР «РСК» на класс напряжения 20 кВ с установкой двухобмоточных трансформаторов Green T.HE (high efficiency) серии Zucchini (компания Legrand, Франция).

В данном варианте предлагается выполнить техническое перевооружение РЭС – 10(6) кВ ГУП ЛНР «РСК» на класс напряжения 20 кВ с установкой в них двухобмоточных трансформаторов Green T.HE серии Zucchini, чьи параметры соответствуют требованиям этапа 1 Европейской Нормы 548/2014 – A0Ak[10].

При техническом переоснащении существующих РЭС–10(6) кВ ГУП ЛНР «РСК» трансформаторами серии Zucchini на класс напряжения 20 кВ следует учесть, что компания Legrand не выпускает СТ сухого исполнения с сочетанием напряжений 20/0,4 кВ номинальной мощностью 10; 16; 25; 40 и 63 кВА. Поэтому осуществить замену существующих масляных двухобмоточных СТ с сочетанием напряжений

10(6)/0,4 кВ с указанным номиналом мощностей можно будет аналогичным количеством двухобмоточных трансформаторов Green T.НЕ номинальной мощностью 50 и 100 кВА.

Таким образом, количество и суммарная номинальная мощность СТ серии Zucchini с сочетанием напряжений 20/0,4 кВ в РЭС ГУП ЛНР «РСК» будут такими, как представлено в табл. 8.

Таблица 8

Число и номинальная мощность трансформаторов Green T.НЕ с сочетанием напряжений 20/0,4 кВ после технического переоснащения РЭС–10(6) кВ ГУП ЛНР «РСК» на класс напряжения 20 кВ

Номинальная мощность СТ $S_{ном}$, кВА	Всего СТ, штук	Суммарная номинальная мощность СТ, $\sum S_{ном}$, кВА
50	554	27700
100	3026	302600
160	2124	339840
250	3150	787500
400	2486	994400
630	900	567000
800	5	4000
1000	88	88000
1600	2	3200
2500	6	15000
3150	1	3150
Всего:	12342	3132440

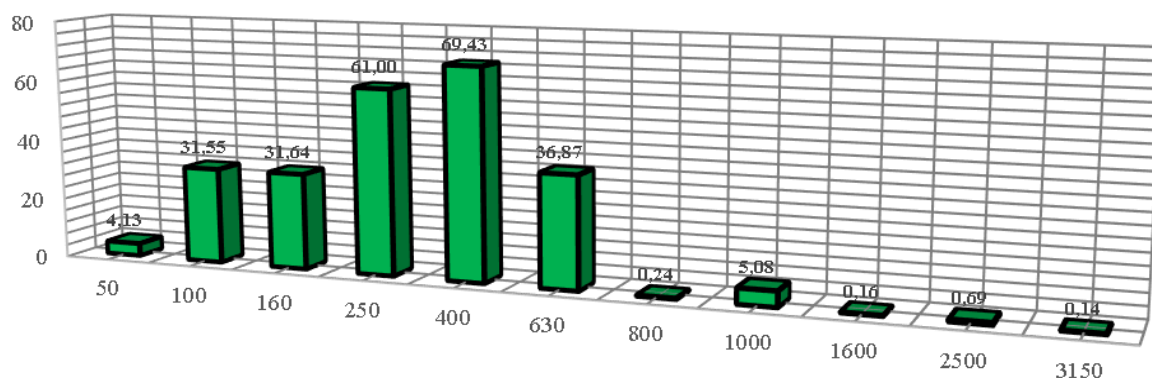
По результатам расчета на рис. 8 представлены зависимости распределения суммарных годовых потерь активной электроэнергии в группах номинальной мощности двухобмоточных СТ сухого исполнения серии Zucchini с сочетанием напряжений 20/0,4 кВ, установленных при реализации планов по техническому переоснащению существующих РЭС – 10(6) кВ ГУП ЛНР «РСК» на класс напряжения 20 кВ ГУП ЛНР

«РСК» $\sum W_{год.не\sin CT} = f(S_{ном})$ с учетом аномальных режимов работы при:

а – нормально допустимом значении коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения $K_u = 1,16$;

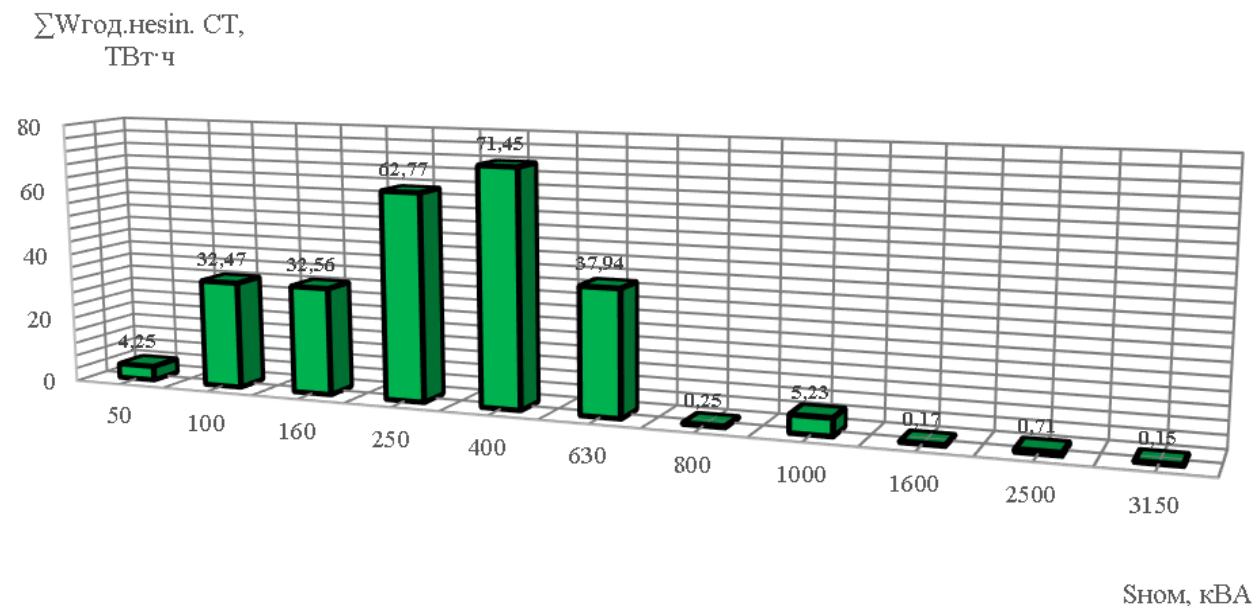
б – предельно допустимом значении коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения $K_u = 1,19$.

$\sum W_{год.не\sin CT}$,
ТВт·ч



$S_{ном}$, кВА

а



б

Рис. 8. Зависимости распределения суммарных годовых потерь активной электроэнергии в группах номинальной мощности двухобмоточных СТ сухого исполнения серии Zucchini с сочетанием напряжений 20/0,4 кВ, установленных при реализации планов по техническому переоснащению существующих РЭС – 10(6) кВ ГУП ЛНР «РСК» на класс напряжения 20 кВ ГУП ЛНР «РСК» $\Sigma W_{год. не sin. CT} = f(S_{ном})$ с учетом аномальных режимов работы при:

- а – нормально допустимом значении коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения $K_u = 1,16$;
 б – предельно допустимом значении коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения $K_u = 1,19$

Анализ представленных зависимостей позволяет сделать заключение о том, что наибольшие потери активной электроэнергии, вызванные аномальными режимами работы, выделяются в группах СТ сухого исполнения с сочетанием напряжений 20/0,4 кВ номинальной мощностью $S_{ном} = 100 - 630$ кВА.

Суммарные годовые потери активной энергии в группах номинальной мощности двухобмоточных СТ с сочетанием напряжений 20/0,4 кВ серии Zucchini в ГУП ЛНР «РСК», образованные аномальными режимами работы будут составлять при:

– нормально допустимом искажении синусоидальности кривой напряжения: **42,2 %** от суммарной величины отпуска электрической энергии из ЕНЭС ПАО «Федеральная сетевая компания – Россети», утвержденной в Приказе, и в **11,0 раз** превысят регламентируемый норматив потерь электроэнергии при транспортировке ее потребителям [5];

– предельно допустимом искажении синусоидальности кривой напряжения: **43,5 %** от суммарной величиной отпуска электрической энергии из ЕНЭС ПАО «Федеральная сетевая компания – Россети», утвержденной в Приказе, и в **11,3 раза** превысят регламентируемый норматив

потерь электроэнергии при транспортировке ее потребителям [5].

Вариант 8. Техническое переоснащение РЭС-10(6) кВ ГУП ЛНР «РСК» на класс напряжения 20 кВ с установкой двухобмоточных трансформаторов Green T.НЕ серии Zucchini (компания Legrand, Франция), чьи параметры соответствуют требованиям этапа 2 Европейской Нормы 548/2014 – AA0Ak.

При техническом переоснащении существующих РЭС–10(6) кВ ГУП ЛНР «РСК» трансформаторами серии Zucchini на класс напряжения 20 кВ следует учесть, что компания Legrand не выпускает двухобмоточных СТ сухого исполнения с сочетанием напряжений 20/0,4 кВ номинальной мощностью 10; 16; 25; 40 и 63 кВА [10].

Поэтому осуществить замену существующих масляных двухобмоточных СТ с сочетанием напряжений 10(6)/0,4 кВ с указанным номиналом мощностей можно будет аналогичным количеством двухобмоточных трансформаторов Green T.НЕ с сочетанием напряжений 20/0,4 кВ номинальной мощностью 50 и 100 кВА.

Таким образом, количество и суммарная номинальная мощность СТ серии Zucchini с сочетанием напряжений 20/0,4 кВ в РЭС ГУП ЛНР «РСК» будут такими, как представлено в табл. 9.

Таблица 9

Число и номинальная мощность трансформаторов Green T.HE с сочетанием напряжений 20/0,4 кВ после технического переоснащения РЭС–10(6) кВ ГУП ЛНР «РСК» на класс напряжения 20 кВ

Номинальная мощность СТ $S_{ном}$, кВА	Всего СТ, штук	Суммарная номинальная мощность СТ, $\sum S_{ном}$, кВА
50	554	27700
100	3026	302600
160	2124	339840
250	3150	787500
400	2486	994400
630	900	567000
800	5	4000
1000	88	88000
1600	2	3200
2500	6	15000
3150	1	3150
Всего:	12342	3132440

По результатам расчета на рис. 9 представлены зависимости распределения суммарных годовых потерь активной электроэнергии в группах номинальной мощности двухобмоточных СТ сухого исполнения серии Zucchini с сочетанием напряжений 20/0,4 кВ, установленных при реализации плана по техническому переоснащению существующих РЭС – 10(6) кВ ГУП ЛНР «РСК» на класс напряжения 20 кВ ГУП ЛНР «РСК» $\sum W_{год.не\sin CT} = f(S_{ном})$ с учетом аномальных режимов работы при:

а – нормально допустимом значении коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения $K_u = 1,16$;

б – предельно допустимом значении коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения $K_u = 1,19$.

Анализ представленных зависимостей позволяет сделать заключение о том, что наибольшие потери активной электроэнергии, вызванные аномальными режимами работы, выделяются в группах СТ сухого исполнения с

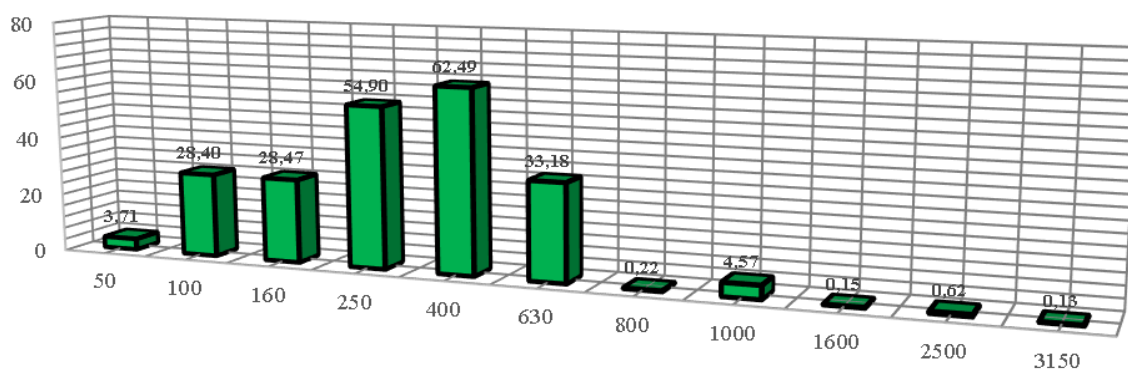
сочетанием напряжений 20/0,4 кВ номинальной мощностью $S_{ном} = 100 - 630$ кВА.

Суммарные годовые потери активной энергии в группах номинальной мощности двухобмоточных СТ с сочетанием напряжений 20/0,4 кВ серии Zucchini в ГУП ЛНР «РСК», образованные аномальными режимами работы будут составлять при:

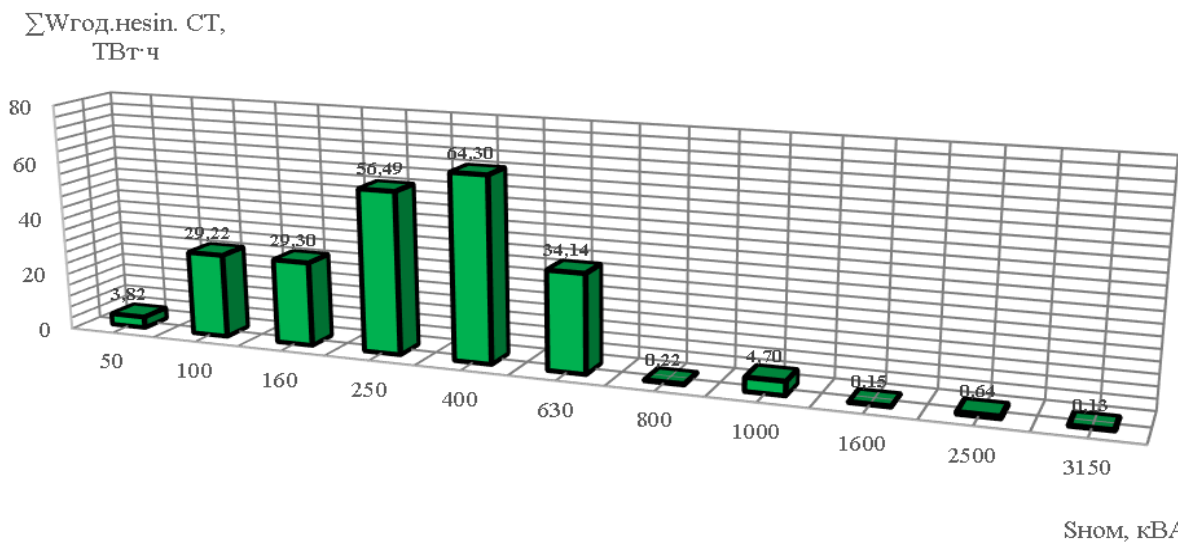
– нормально допустимом искажении синусоидальности кривой напряжения: **38,0 %** от суммарной величины отпуска электрической энергии из ЕНЭС ПАО «Федеральная сетевая компания – Россети», утвержденной в Приказе, и в **9,9 раза** превысят регламентируемый норматив потерь электроэнергии при транспортировке ее потребителям [5];

– предельно допустимом искажении синусоидальности кривой напряжения: **39,1 %** от суммарной величиной отпуска электрической энергии из ЕНЭС ПАО «Федеральная сетевая компания – Россети», утвержденной в Приказе, и в **10,2 раза** превысят регламентируемый норматив потерь электроэнергии при транспортировке ее потребителям [5].

$\sum W_{год.не\sin CT}$,
ТВт·ч



$S_{ном}$, кВА



6

Рис.9. Зависимости распределения суммарных годовых потерь активной электроэнергии в группах номинальной мощности двухобмоточных СТ сухого исполнения серии Zucchini с сочетанием напряжений 20/0,4 кВ, установленных при реализации плана по техническому переоснащению существующих РЭС – 10(6) кВ ГУП ЛНР «РСК» на класс напряжения 20 кВ ГУП ЛНР «РСК» $\sum W_{\text{год.нecин. CT}} = f(S_{\text{ном}})$ с учетом аномальных режимов работы при:

- а – нормально допустимом значении коэффициента синусоидальности кривой напряжения $K_u = 1,16$;
 б – предельно допустимом значении коэффициента синусоидальности кривой напряжения $K_u = 1,19$

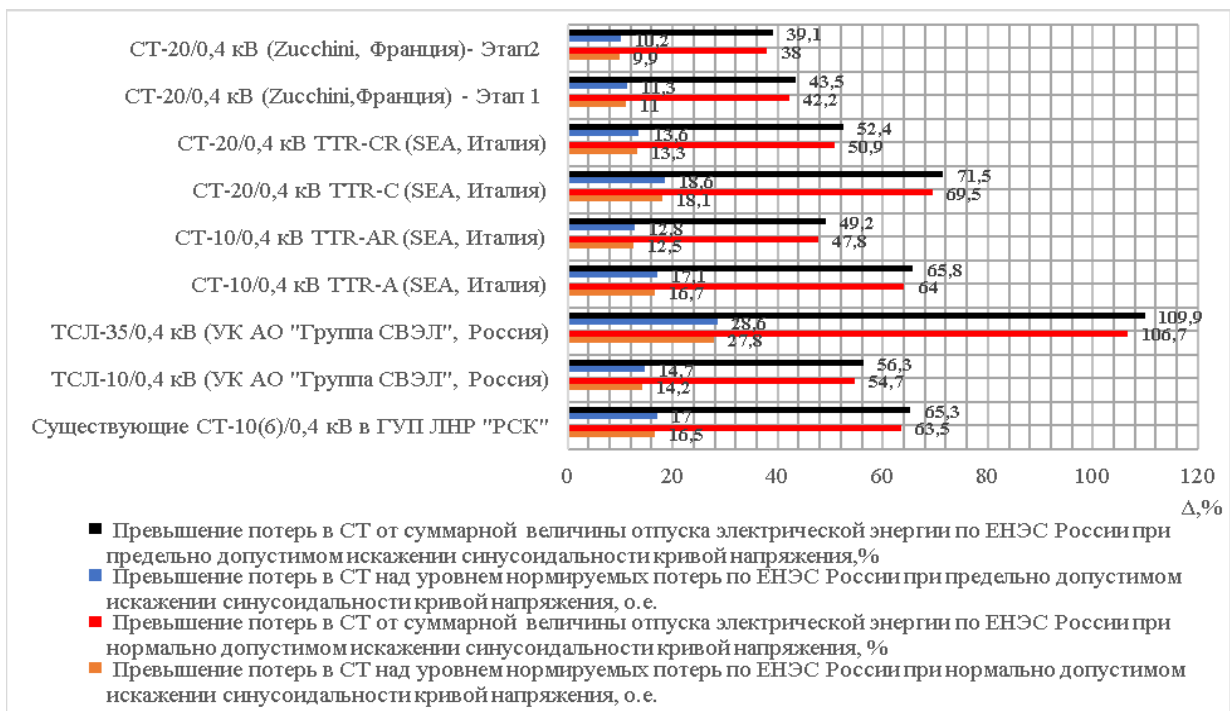


Рис. 10. Диаграмма превышения суммарных годовых потерь активной электроэнергии в существующих масляных двухобмоточных СТ с сочетанием напряжений 10(6) кВ, эксплуатируемых в ГУП ЛНР «РСК», а также в двухобмоточных СТ с сочетанием напряжений (10; 20 и 35)/0,4 кВ сухого исполнения отечественного и зарубежного производства, внедряемых при реализации вариантов технического переоснащении существующих РЭС – 10(6) кВ ГУП ЛНР «РСК» на классы напряжений: 10; 20 и 35 кВ над суммарной величиной отпуска электрической энергии, генерируемой в ЕНЭС России [5], выполненная в процентном отношении при аномальных режимах, а также относительное превышение указанных потерь активной энергии над средним уровнем регламентируемых потерь энергии для ЕНЭС России по электрической сети «330 кВ и выше» и «220 кВ и ниже» [5] при нормально и предельно допустимом искажениях кривой напряжения

На рис. 10 представлена диаграмма превышения суммарных годовых потерь активной электроэнергии в существующих масляных двухобмоточных СТ с сочетанием напряжений 10(6) кВ, эксплуатируемых в ГУП ЛНР «РСК», а также в двухобмоточных СТ с сочетанием напряжений (10; 20 и 35)/0,4 кВ сухого исполнения отечественного и зарубежного производства, внедряемых при реализации вариантов технического перевооружения существующих РЭС – 10(6) кВ ГУП ЛНР «РСК» на классы напряжений: 10; 20 и 35 кВ над суммарной величиной отпуска электрической энергии, генерируемой в ЕНЭС России [5], выполненная в процентном отношении при аномальных режимах, а также относительное превышение указанных потерь активной энергии над средним уровнем регламентируемых потерь энергии для ЕНЭС России по электрической сети «330 кВ и выше» и «220 кВ и ниже» [5] при нормально и предельно допустимом искажении кривой напряжения.

Обобщающий анализ информации показывает, что для существенного снижения потерь активной электроэнергии в РЭС – 10(6) кВ ГУП ЛНР «РСК», вызванных аномальными режимами работы, рекомендуется техническое перевооружение этой электрической сети на класс напряжения 20 кВ с установкой двухобмоточных СТ с сочетанием напряжений 20/0,4 кВ сухого исполнения серии Zucchini (чьи технические параметры будут соответствовать требованиям Этапов Европейской Нормы 548/2014). Однако это потребует дополнительных затрат от собственника электрических сетей.

Выводы. 1. Впервые произведен расчет и оценка суммарных годовых потерь активной электроэнергии в группах номинальной мощности существующих двухобмоточных масляных СТ с сочетанием напряжений 10(6)/0,4 кВ ГУП ЛНР «РСК», вызванных аномальными режимами работы.

2. Впервые произведен расчет и оценка суммарных годовых потерь активной электроэнергии, вызванных аномальными режимами работы в группах номинальной мощности двухобмоточных СТ сухого исполнения с сочетанием напряжений (10; 20 и 35)/0,4 кВ отечественного и зарубежного производства, внедряемых при техническом перевооружении существующих РЭС – 10(6) кВ ГУП ЛНР «РСК» на классы напряжения: 10; 20 и 35 кВ.

3. Впервые для оценки суммарных годовых потерь активной электроэнергии, вызванных аномальными режимами работы в СТ сухого исполнения с сочетанием напряжений 20/0,4кВ, внедряемых при техническом перевооружении РЭС – 10(6) кВ ГУП ЛНР «РСК» на классы напряжения 20 кВ, установлены численные пределы – коэффициенты нормально допустимого и предельно допустимого значений искажения синусоидальности кривой напряжения.

4. Доказано и обосновано, что реализация проектов по техническому перевооружению РЭС – 10(6) кВ ГУП ЛНР «РСК» на классы напряжения 10; 20 и 35 кВ с установкой двухобмоточных СТ сухого исполнения серии:

4.1. ТСЛ –10/0,4 кВ и ТСЛ – 35/0,4кВ производства УК АО «ГРУППА СВЭЛ» (Екатеринбург, Россия);

4.2. TTR – А, TTR – AR, TTR – С и TTR – CR с сочетанием напряжений 20/0,4 кВ производства компании «SEA» (Италия) не позволит получить ощутимых технических и экономических эффектов от снижения потерь активной электроэнергии, вызванных аномальными режимами работы.

5. Для минимизации активных потерь электроэнергии в магнитных системах двухобмоточных масляных и сухих СТ магнитопровода этих СТ должны выполняться из листов анизотропной ориентированной холоднокатаной электротехнической стали толщиной, не превышающей $d < 0,27\text{ мм}$.

Л и т е р а т у р а

1. Тихомиров, П.М. Расчет трансформаторов: Учеб. пособие для вузов. 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 582 с.

2. Сырцов, А.И. Расчет магнитных потерь в стали силовых трансформаторов с учетом несинусоидальности магнитной индукции / А.И. Сырцов, Д.В. Половинка, О.С. Парсентьев// Научный журнал Вестник Луганского национального университета имени Владимира Даля» № 2(4), Ч.2 2017. С. 9 – 15.

3. Парсентьев, О.С. Анализ электроэнергетической отрасли Российской Федерации, уточненный расчет потерь активной электроэнергии, вызванных холостым ходом в силовых трансформаторах с сочетанием напряжений 10(6)/0,4 кВ распределительных электрических сетей Луганской Народной Республики, минимизация потерь электроэнергии при транспортировке ее через распределительные электрические сети Луганской Народной Республики путем модернизации и перевода их на классы напряжения: 10; 15; 20; 27,5 и 35 кВ/О.С. Парсентьев// Научный журнал Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля» № 7(73), 2023. С. 163 – 181.

4. Парсентьев, О.С. Обзор отечественных и зарубежных энергетических систем и рынков электроэнергии, минимизация потерь электроэнергии при транспортировке ее через распределительные электрические сети напряжением 6 – 35 кВ Луганского региона Российской Федерации, модернизируемые на класс напряжения 27,5 кВ /О.С. Парсентьев// Научный журнал Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля» № 4 (70), 2023. С. 165 – 185.

5. Приказ Министерства энергетики Российской Федерации от 30.11.2022 года за № 1272 «Об утверждении нормативов потерь электрической энергии при ее передаче по единой национальной (общероссийской) электрической сети, осуществляемой публичным акционерным обществом «Федеральная сетевая компания – Россети» с использованием объектов электросетевого хозяйства, принадлежащих публичному акционерному обществу «Федеральная сетевая компания

– Россети» на праве собственности или ином законном основании, на 2023 год» [Электронный ресурс]: – URL: <https://minenergo.gov.ru/view-pdf/23795/195515#:~:text=yf> (дата обращения 03.10.2023 года).

6. Засыпкин, А.С. Релейная защита трансформаторов. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 240 с.

7. Федосеев А.М. Релейная защита электрических систем. Учебник для вузов. – М.: Энергия, 1976. – 560 с.

8. www.info@svel.ru (дата обращения 05.10.2023 года).

9. www.sea.com.ua (дата обращения 06.10.2023 года).

10. www.legrand.ru (дата обращения 07.10.2023 года).

Parsentev O.S.

MINIMIZATION OF ACTIVE LOSSES OF ELECTRICITY IN GROUPS OF RATED POWER OF POWER TRANSFORMERS OF 10(6) KV DISTRIBUTION ELECTRICAL NETWORKS OF THE SUE LPR «RGC» OF RUSSIA, CAUSED BY ABNORMAL OPERATING CONDITIONS

The work carried out an analysis of the technical condition and losses of active electricity in groups of rated power of existing two-winding oil power transformers (PTs) with a voltage combination of 10(6) /0,4 kV State Unitary Enterprise LPR "Republican Grid Company" during its transportation to consumers.

As a result of the analysis, it was established that active energy losses in groups of rated power of power transformers of the specified voltage combination are caused by abnormal operating modes, which include surges of magnetizing current and overexcitation, which results in unacceptable distortion of the sinusoidality of the voltage and magnetizing current curve.

The calculation of the total annual losses of active electricity in groups of rated power of existing oil-filled two-winding power transformers with a voltage combination of 10(6)/0,4 kV of the SUE LPR "RGC" from abnormal operating conditions has been carried out.

Based on the results, it was established that the total annual losses of active energy in groups of rated power of power transformers of the SUE LPR "RGC" of the specified voltage combination have excessively large losses that exceed the standardized value.

The work proposes to minimize losses of active electricity in existing distribution electrical networks with a

voltage of 10(6) kV of the SUE LPR "RGC" by implementing options for the technical re-equipment of these networks to one of voltage classes 10; 20 and 35 kV with the installation of energy-efficient power transformers with cast resin and an appropriate combination of winding voltages.

Separately, for each option of technical re-equipment of 10(6) kV distribution electric networks, the SUE LPR "RGC" calculated the losses of active electricity in groups of rated power of dry-type power transformers caused by abnormal operating modes.

Based on the calculation results, options were selected for the technical re-equipment of existing 10(6) kV distribution electric networks of the SUE LPR "RGC" with the installation of two-winding dry power transformers, ensuring minimal losses of active electricity in abnormal operating modes when transporting it to consumers of the Republic.

Key words: *three-phase two-winding power transformer, magnetic system, dry version, voltage class, distribution electrical networks, technical re-equipment, non-sinusoidality, magnetic induction, total annual losses of active electricity, combination of voltages, no-load losses, rated power groups, centralized park, unified national (all-Russian) electrical networks, abnormal operation, inrush of magnetizing current, overexcitation, energy efficiency.*

Парсентьев Олег Сергеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электроэнергетика» ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

E-mail: parsentev@mail.ru

Parsentev Oleg Sergeevich, docent, candidate of technical science of the Department of «Electrical Power Engineering» «LSU named after V. Dahl».

E-mail: parsentev@mail.ru

Рецензент: Витренко Владимир Алексеевич, доктор технических наук, профессор, проректор по научной работе и инновационной деятельности ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 25.10.2023

УДК 004.422/ 621.31/ 621.3.07

ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ В ЗАДАЧЕ АНАЛИЗА ПАРАМЕТРОВ ВОДОУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА ВИХРЕТОКОВЫМ МЕТОДОМ

Сентяй Р. Н., Капустин Д. А., Гутько Ю. И., Швыров В. В.

DIGITAL SIGNAL PROCESSING IN THE PROBLEM OF ANALYZING THE PARAMETERS OF COAL-WATER FUEL USING THE EDGE CURRENT METHOD

Sentyay R. N., Kapustin D. A., Gutko Yu. I., Shvyrov V. V.

Статья посвящена анализу факторов, влияющих на точность оцифровки сигнала с проходного вихретокового преобразователя (ВТП) при контроле параметров водоугольного топлива (ВУТ) в потоке. В работе обоснована возможность контроля его параметров вихретоковым методом, что позволит обеспечить возможность автоматического регулирования энергетических установок, работающих на нем. Предложен способ определения оптимального номинала нагрузочного резистора для датчиков, осуществляющих потоковый контроль параметров ВУТ, а также алгоритм обработки сигнала минимизирующий влияние внешних факторов на него.

Ключевые слова: водоугольное топливо, вихретоковый метод, цифровая обработка сигнала, проходной вихретоковый преобразователь, быстрое преобразование Фурье.

Введение. Вихретоковый метод контроля широко используется на предприятиях и в различных сферах народного хозяйства [6]. В зависимости от решаемых задач применяются различные конструкции вихретоковых преобразователей, сигнал с которых используется для определения параметров объекта контроля.

Аналоговые устройства, как и цифро-аналоговые, реализующие вихретоковый метод контроля, на сегодняшний день, не обладают достаточной гибкостью в схемотехническом решении. Так, для контроля параметров на разных частотах, необходимо производить перенастройку оборудования, что может быть ограничено в силу необходимости замены электронных компонентов в схеме или излишнего дублирования отдельных узлов и модулей, а это приводит к удорожанию и усложнению готового изделия. Такое оборудование требует также высокой квалификации сервисного и обслуживающего персонала, что приводит к увеличению затрат при его эксплуатации.

На сегодня, наибольший интерес представляют устройства, использующие цифровую обработку сигнала с дальнейшей его фильтрацией по определенному алгоритму [7], что позволяет

значительно снизить затраты как аппаратные, так и эксплуатационные. Алгоритм обработки сигнала будет отличаться от конструктивных особенностей вихретоковых преобразователей (от взаимного расположения катушек возбуждения, измерительных и компенсационных). Для увеличения точности при обработке измерительного сигнала необходимо свести к минимуму влияние всех внешних на него факторов [3], что позволит максимально его усилить и установить зависимость параметров объекта контроля от уровня измерительного сигнала.

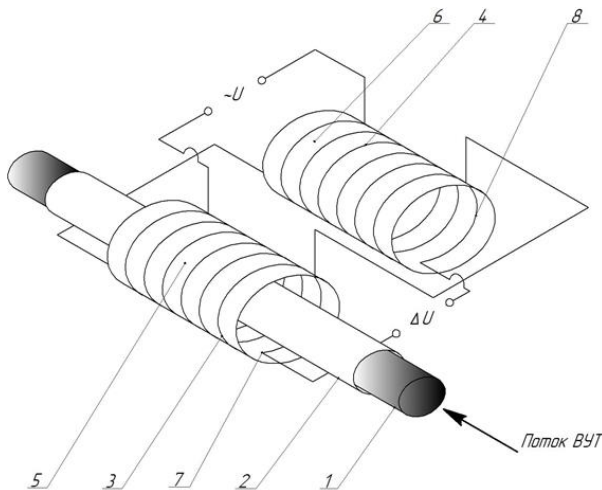
Целью работы является оценивание степени влияния на оцифровываемый сигнал, с вихретокового датчика, внешних факторов и выбор алгоритма цифровой обработки сигнала, при котором точность оцифровывания измерительного сигнала будет максимальна, что и станет обоснованием возможности использования проходного вихретокового датчика для контроля параметров ВУТ.

Изложение основных материалов. Экспериментальные исследования степени влияния внешних факторов при оцифровывании сигнала с проходного вихретокового преобразователя, включенного по схеме, представленной на рис. 1 проводились для водоугольных суспензий, с содержанием твердой фазы 70%, которые были получены из антрацитовых классов углей [6], так как данный класс углей по своему составу близок к графиту, изделия из которого, как известно, контролируются вихретоковым методом контроля.

Экспериментальный вихретоковый преобразователь содержит два каркаса, на которых намотаны катушки возбуждения, измерительная и компенсационная обмотки. Каркасы катушек расположены под углом 90 градусов относительно друг друга, для уменьшения влияния взаимной индукции измерительных контуров. Каждая обмотка возбуждения, измерительная и компенсационная содержит по 16 витков провода. В качестве контрольного образца использовались полые

цилиндры, внешним диаметром 37 миллиметров, внутри которых были помещены образцы водоугольной суспензии.

Синусоидальный ток в обмотках возбуждения, включенных последовательно, вне зависимости от частоты задающего генератора устанавливался равным 0,5 А. Сигналы с измерительной и компенсационной обмоток подавались на дифференциальный усилитель с коэффициентом усиления $K_u = 10$.



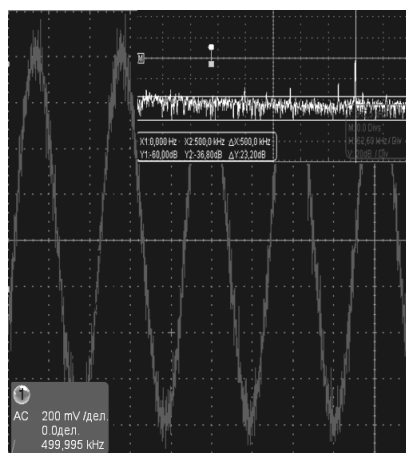
1 – поток водоугольного топлива; 2 – трубопровод; 3, 4 – обмотки возбуждения; 5 – измерительная катушка; 6 – компенсационная катушка; 7 – измерительная обмотка; 8 – компенсационная обмотка

Рис. 1. Схема включения экспериментального вихретокового преобразователя

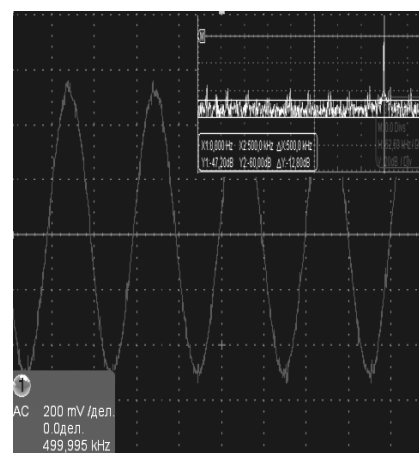
Экспериментальные исследования проводились в широком диапазоне частот от 50кГц до 1МГц. На рис. 2 представлена информация относительно уровня напряжения, вносимого водоугольным топливом, его формы и благодаря возможности

использования быстрого Фурье преобразования потокового сигнала, цифровым осциллографом VDS1022I, его частотной характеристики для частоты 500кГц при подключении к измерительной и компенсационной обмоткам разных по номиналу нагрузочных сопротивлений. Как можно видеть на рис.2а уровень шума при параллельном подключении к катушкам нагрузочного сопротивления номиналом 1кОм значительно выше, чем в случае подключения нагрузочного сопротивления номиналом 66 Ом (рис.2б), но уровень измерительного сигнала при этом уменьшается. Уменьшение номинала нагрузочных резисторов приводит к уменьшению уровня наводимых шумов сигнала, что облегчает фильтрацию сигнала для дальнейшего определения его достоверного уровня, но также приводит и к уменьшению уровня полезного сигнала. Также необходимо отметить, что из спектрограммы сигнала (рис. 2б) можно заметить периодические всплески, относящиеся к внешним шумам вызванные работой импульсных блоков питания устройств, используемых в экспериментальной установке, с частотой 50-60 кГц. Как видно из спектрограммы (рис. 2б) рабочая частота 500 кГц попадает в интервал частот между всплесками, вызванными работой импульсной техники, а значит, на измерительный сигнал они не оказывают значительного влияния. Причем, соотношение сигнал/шум при дальнейшем уменьшении номиналов нагрузочных резисторов будет сохраняться, а уровень полезного сигнала будет уменьшаться.

Для выявления оптимального соотношения сигнал/шум и определения оптимального соотношения между сопротивлением нагрузочного резистора и комплексным сопротивлением измерительной обмотки, были получены зависимости, представленные на рис. 3 и рис. 4.



а



б

Рис. 2. Уровень вносимого напряжения в измерительную обмотку водоугольным топливом, и коэффициент усиления сигнала относительно шума (ΔY), на частоте 500кГц при параллельном подключении нагрузочного сопротивления: а – 1кОм; б – 66 Ом

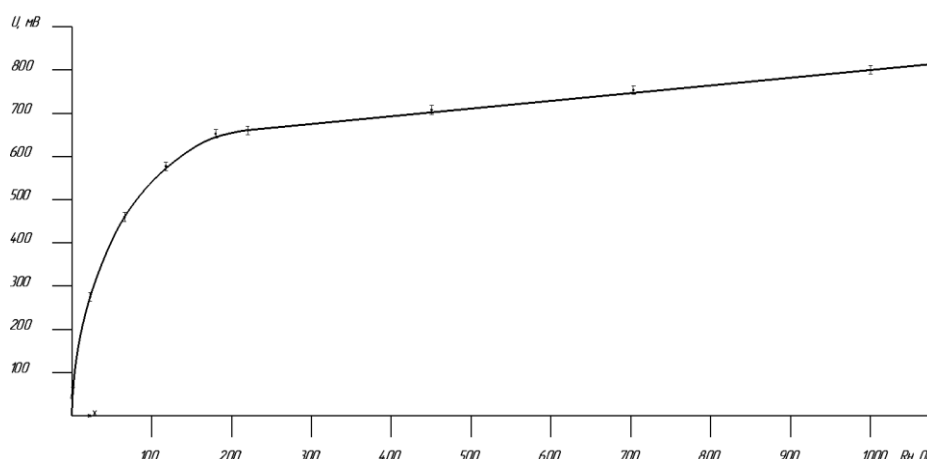


Рис. 3. Зависимость вносимого напряжения в измерительную обмотку водоугольным топливом, от номинала подключенного нагрузочного сопротивления

На рис. 3 представлена экспериментально полученная зависимость вносимого напряжения в измерительную обмотку водоугольным топливом в зависимости от номинала подключенного нагрузочного сопротивления к измерительной обмотке. На графике можно наблюдать два участка, один криволинейный, до отметки 200 Ом, по оси X, а другой, после отметки 200 Ом, почти прямолинейный. На прямолинейном участке происходит пропорциональное уменьшение сигнала при уменьшении номинала нагрузочного сопротивления на каждые 100 с Ом, тогда как на криволинейном участке наблюдается резкое уменьшение амплитуды сигнала при уменьшении нагрузочного сопротивления. Очевидно, что оптимальное значение номинала нагрузочного

резистора, для зависимости, представленной на рис. 3, находится в пределах от 180 Ом до 220 Ом.

При разложении сигнала цифровым осциллографом также была получена зависимость, представленная на рис. 4, уровня шума измерительного сигнала (ΔY) от номинала подключенного нагрузочного сопротивления. Для зависимости, представленной на рис. 4, также характерно более значимое уменьшение амплитуды сигнала при уменьшении нагрузочного сопротивления менее 220 Ом. Следовательно, оптимальное соотношение сигнал/шум, для конструкции вихретокового датчика, используемого в эксперименте, будет наблюдаться при параллельном подключении нагрузочного резистора к измерительной и компенсационной обмоткам номиналом 220 Ом.

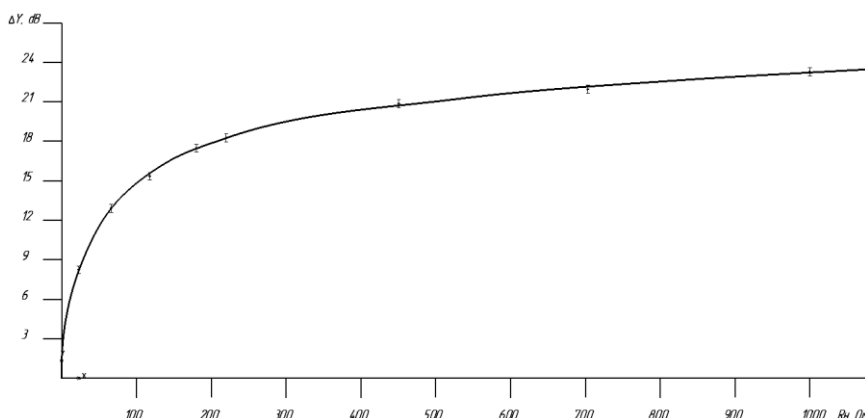


Рис. 4. Зависимость уровня шума измерительного сигнала (ΔY) от номинала подключенного нагрузочного сопротивления

Для выбора оптимального значения номинала нагрузочного сопротивления при других параметрах вихретокового датчика, таких как внутренний диаметр вихретокового датчика, диаметр провода измерительной обмотки, число витков, необходимо определить соотношение между полным

комплексным сопротивлением измерительной обмотки и нагрузочным сопротивлением R_n . Для определения комплексного сопротивления воспользуемся ниже приведенной формулой.

$$Z = \sqrt{R + R_L}, \quad (1)$$

где Z – комплексное сопротивление измерительной катушки, Ом; R – активное сопротивление измерительной катушки, Ом; R_L – индуктивное сопротивление измерительной катушки, Ом.

Активное сопротивление измерительной катушки было измерено прецизионным омметром ($R=11$ Ом), а индуктивное сопротивление измерительной катушки может быть найдено из выражения:

$$R_L = 2\pi \cdot f \cdot L, \quad (2)$$

где f – частота сигнала, Гц; L – индуктивность однослойной катушки, мкГн.

Для определения индуктивности однослойной катушки воспользуемся приведенным ниже выражением:

$$L = 0,01DN^2 / (H / D + 0,44), \quad (3)$$

где D – диаметр однослойной катушки, см; N – количество витков; H – длина намотки провода, см;

Подставив данные в приведенные выше выражения, получим значение комплексного сопротивления измерительной катушки, на частоте 500 кГц, $Z = 66,57$ Ом. Следовательно, оптимальное сопротивление нагрузочного резистора, относительно комплексного сопротивлению

измерительной катушки, на частоте 500 кГц, должно быть больше приблизительно в 3,3 раза ($R_H/Z \approx 3,3$).

Из анализа частотного спектра оцифрованного сигнала следует, что для увеличения точности при обработке измерительного сигнала, полученного с проходного вихретокового датчика, необходимо свести к минимуму влияние сторонних шумов на него. Для этого необходимо измерять амплитуду сигнала лишь на рабочей частоте датчика и при этом должна быть предусмотрена возможность изменения рабочей частоты. Аппаратное решение этой задачи приведет к сложному и дорогому схемотехническому решению, в то время как программное разложение сигнала на его составляющие, с последующим выделением полезного сигнала, позволит установить зависимость параметров объекта контроля от уровня измерительного сигнала. Для потоковой обработки данных подходит метод быстрого Фурье преобразования. Для определения параметров водоугольного топлива в потоке была разработана программа, алгоритм которой представлен на рис. 5. Данная программа позволяет определять уровень вносимого напряжения в измерительную обмотку водоугольным топливом. Данные, полученные в ходе экспериментов, были записаны при помощи программного обеспечения цифрового осциллографа VDS1022I в отдельные файлы, которые в дальнейшем обрабатывались написанной программой.

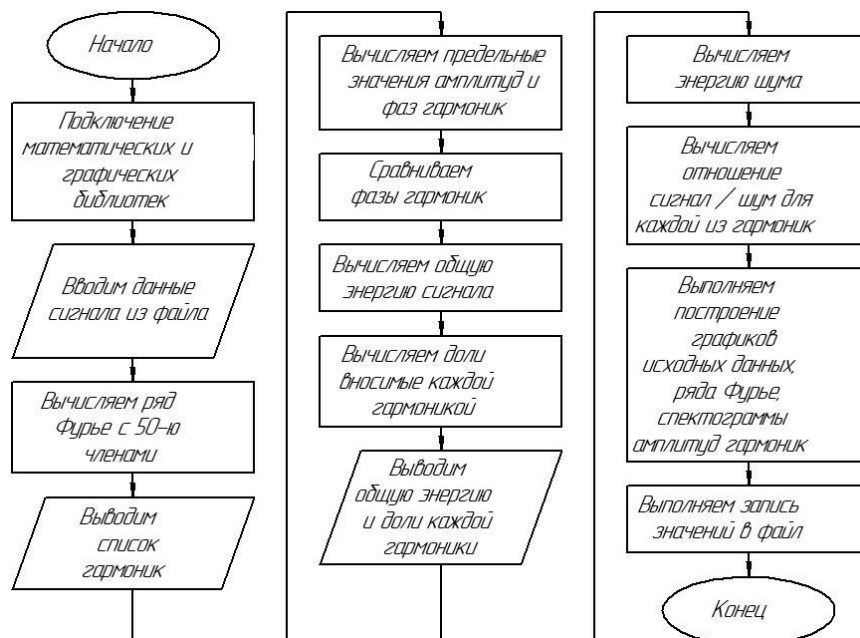


Рис. 5. Алгоритм работы программы, определяющей уровень вносимого напряжения в измерительную обмотку водоугольным топливом

Для максимально быстрой обработки потокового сигнала, используя метод быстрого Фурье преобразования, необходимо определить на какое количество членов ряда Фурье необходимо разложить сигнал. Так, в результате работы

программы, алгоритм которой представлен выше, был получен исходный сигнал после его разложения в ряд Фурье, а также спектрограмма амплитуд найденных гармоник, которые представлены на рис. 6. Как можно заметить на рис. 6а, форма исходного

сигнала, после его разложения в ряд Фурье с 50-ю членами, имеет практически синусоидальную форму, такую же, как и сигнал в обмотке возбуждения проходного ВТП. При разложении исходного сигнала в ряд Фурье на 200 членов мы можем видеть, что они практически идентичны по форме. При этом уровень амплитуды на

спектрограмме (рис. 6а и рис. 6б) не изменяется. Следовательно, при разложении сигнала в ряд Фурье достаточно выбирать 50 членов ряда, меньшее количество может привести к искажению формы сигнала, а значит и к неточному определению его амплитуды.

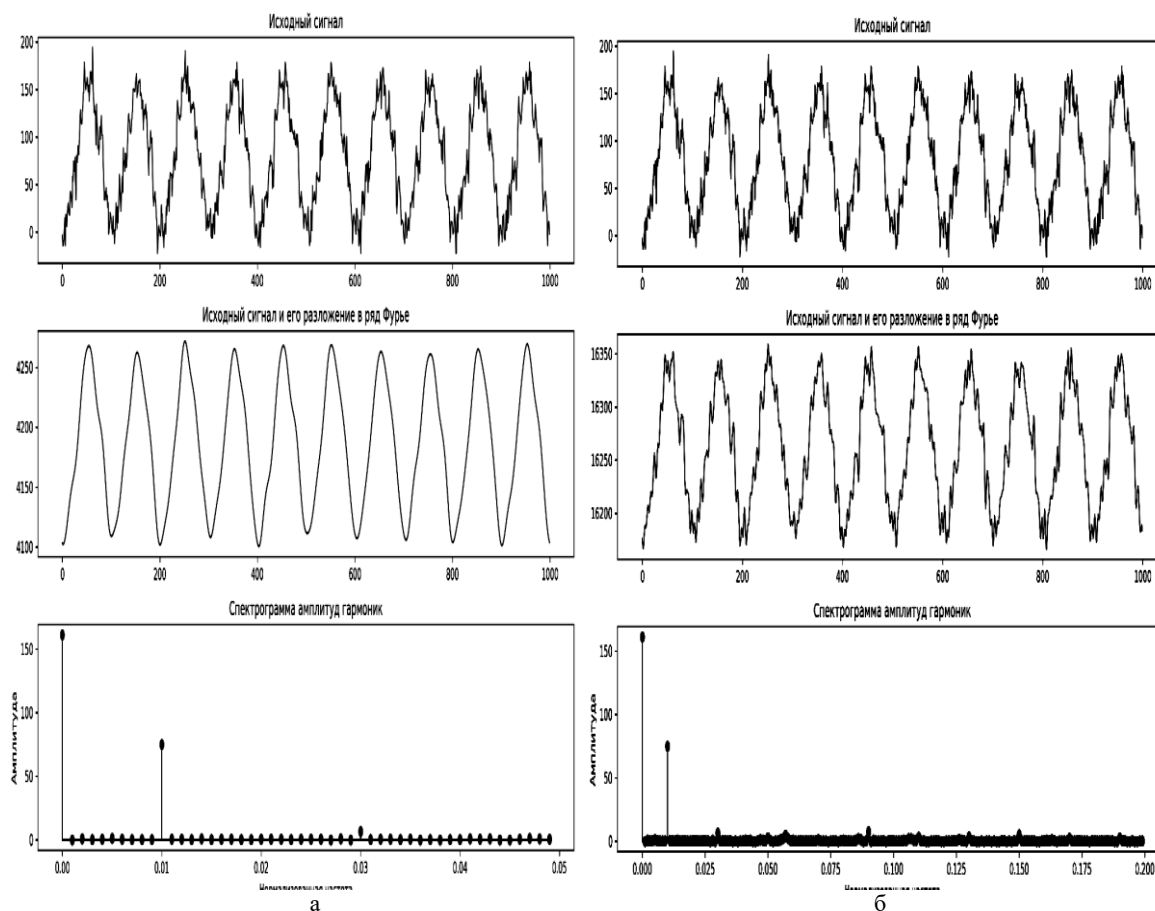


Рис. 6. Результат работы программы по определению уровня вносимого напряжения в измерительную обмотку водоугольным топливом при разложении ряда Фурье: а – 50 членов; б – 200 членов

На спектрограммах рис. 6, можно заметить также, амплитуду гармоник сигнала, вносимую работающими импульсными блоками питания, которую сложно отфильтровать аппаратными средствами, в отличие от программных, из-за создания ими гармоник в широком диапазоне спектра с определенной периодичностью.

Обработка данных, по приведенному выше алгоритму позволяет сводить к минимуму влияние на сигнал всех внешних воздействующих на него факторов, что позволяет более точно установить зависимость параметров объекта контроля от уровня измерительного сигнала, а значит и позволит использовать проходной вихретоковый датчик для контроля параметров ВУТ.

Выводы. 1. Произведен анализ степени влияния на оцифровываемый сигнал, полученного с вихретокового датчика, внешних факторов.

2. Предложен способ расчета величины номинала нагрузочного сопротивления, который обеспечивает оптимальное соотношение сигнал/шум измерительного сигнала.

3. Предложен алгоритм цифровой обработки сигнала, который позволяет значительно снизить степень влияния внешних воздействующих факторов на точность оцифровывания измерительного сигнала.

4. Обоснована возможность использования проходного вихретокового датчика для контроля параметров ВУТ, что обеспечит возможность автоматического регулирования энергетических установок, работающих на нем.

Л и т е р а т у р а

1. Багрянцев В. И. Практика и перспективы использования твердых углеродсодержащих отходов в качестве топлива для теплоэнергетических агрегатов// В.И. Багрянцев С.А. Казимиров, А.И. Куценко, А.П.

Подольский, А.А. Рыбушкин, М.В. Темлянец // Вестник СибГИУ. – Новокузнецк, 2013. – №3 (5). – С. 33-37.

2. Брагин, Б.Ф. Трубопроводный транспорт твердых материалов. уч. пос. Ч.1/ Б.Ф. Брагин, А.С. Коломиец, А.С. Кондратьев, С.Е. Криль, Ф.Д. Маркунтович, Ю.Г. Свитлый, В.А. Ульшин. под ред. Б.Ф. Брагина. – К: ИВГУ, 1993. – 400 с.

3. Пат. №57294 Украина. МПК D03C 7/00. Способ сухого обогащения угля : № u201007029 : заявл. 07.06.2010 : публик. 25.02.2011 / Комаров Н.В., Сентий Р.Н. ; заявитель Комаров Н.В., Сентий Р.Н. – 5 с.

4. Определение факторов транспортируемой среды (водоугольного топлива) влияющих на точность показаний измерительных устройств / Д.А. Капустин, А.В. Кушенко, В.В. Швыров, Р.Н. Сентий // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – Луганск: Изд-во Луганского государственного университета имени Владимира Даля, 2018. – №11(17) – С. 62-69.

5. Потанин А.А. Текучесть суспензий со структурообразующей высокодисперсной фракцией/ А.А. Потанин, В.Е. Черномаз, В.М. Тараканов, Н.Б. Урьев // Инженерно-физический журнал. – Минск: ИТМО, 1991. – Т.60. №1. – С.32-41.

6. Пинчук В.А. Исследование электрических свойств водоугольных суспензий / В.А. Пинчук, А.М. Должанский // Техническая теплофизика и промышленная теплоэнергетика. – Днепропетровск: НМетАУ, 2013. – №5. – С.171-180.

7. Сентий Р.Н. Исследование и сравнительный анализ систем и способов поточного определения зольности угля на предприятиях/ Р.Н. Сентий, Д.А. Капустин, Г.В. Короп, В.В. Швыров // Вестник Луганского государственного педагогического университета. Серия 5. Гуманитарные науки. Технические науки. – Луганск: Книта, 2022. – №1(79) – С. 99-107.

8. Смит С.В. Научно-техническое руководство по цифровой обработке сигналов. 2-е издание/ С.В. Смит, перевод М.Ф. Козлова. (2004) сайт. – 2023 – URL: [http://publ.lib.ru/ARCHIVES/S/SMIT_Stiven_V/Smit_S.V.____Nauchno-tehnicheskoe_rukovodstvo_po_COS.\(2004\).\[doc-ocr\].zip](http://publ.lib.ru/ARCHIVES/S/SMIT_Stiven_V/Smit_S.V.____Nauchno-tehnicheskoe_rukovodstvo_po_COS.(2004).[doc-ocr].zip) (дата обращения: 05.12.2023)

9. Ходаков Г.С. Реология суспензий. Теория фазового течения и ее экспериментальное обоснование/ Г.С. Ходаков // Российский хим. журнал. – Иваново, 2003. – Т. XLVII. №2. – С. 33-44.

10. Урьев Н.Б. Текучесть суспензий и порошков/ Н.Б. Урьев, А.А. Потанин. - М.: Химия, 1992. – 256 с.

Sentyay R.N., Kapustin D.A., Gutko Yu.I., Shvyrov V.V.

DIGITAL SIGNAL PROCESSING IN THE PROBLEM OF ANALYZING THE PARAMETERS OF COAL-WATER FUEL USING THE EDGE CURRENT METHOD

The article is devoted to the analysis of factors influencing the accuracy of digitization of a signal from a pass-through eddy current transducer (ECT) when monitoring the parameters of an ED in a flow; the possibility of monitoring its parameters using the eddy current method is substantiated, which will provide the possibility of automatic

regulation of power plants operating on it. A method is proposed for determining the optimal value of the load resistor for sensors that carry out in-line monitoring of CWF parameters, as well as a signal processing algorithm that minimizes the influence of external factors on it.

Key words: coal-water fuel, eddy current method, digital signal processing, pass-through eddy current converter, fast Fourier transform.

Сентий Роман Николаевич, старший преподаватель кафедры «Информационные образовательные технологии и системы» ФГБОУ ВО «Луганский государственный педагогический университет», г. Луганск.
E-mail: sentyayroman@yandex.ru

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

Sentyay Roman Nikolaevich, Senior Lecturer of the Chair «Information educational technologies and systems», Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Lugansk State Pedagogical University».

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

Швыров Вячеслав Владимирович, к.м.н. доцент кафедры «Информационные образовательные технологии и системы» ФГБОУ ВО «Луганский государственный педагогический университет», г. Луганск.
E-mail: slavik_asas@mail.ru

Kapustin Denis Alekseevich, Candidate of Sciences, a docent of the Chair «Information educational technologies and systems», Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Lugansk State Pedagogical University».

Gutko Yuri Ivanovich, Doctor of Sciences, a Professor of the Chair «Industrial and Art Casting», Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Lugansk Vladimir Dahl State University».

Shvyrov Vyacheslav Vladimirovich, Candidate of Sciences, a docent of the Chair «Information educational technologies and systems», Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Lugansk State Pedagogical University».

Рецензент: Киреев Андрей Николаевич, д.т.н. профессор кафедры железнодорожного транспорта ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

Статья подана 25.12.2023

УДК 621.742

ПРИМЕНЕНИЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ БИОКОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ЛИГНИНА ДЛЯ СИНТЕЗА ЛИТЕЙНЫХ СВЯЗУЮЩИХ

Свинооров Ю. А., Гутько Ю. И.

APPLICATION OF NANOSTRUCTURED BIOCOMPOSITIONAL MATERIALS BASED ON TECHNICAL LIGNIN FOR THE SYNTHESIS OF FOUNDRY BINDERS

Svinoroev Yu. A., Gutko Yu. I.

Проводилось исследование возможности использования в качестве альтернативы литейным связующим на фенольной основе, биополимерных композиций на основе технического лигнина, для создания новых технологических процессов производства отливок. По итогам исследований установили, что результате целенаправленных воздействий на технический лигнин химическими модификаторами, высокоэнергетическим механическим воздействием, происходит наноструктурирование биополимерной матрицы материала: выравнивается структура молекулярно-массового распределения (снижается полидисперсность состава), растет молекулярная масса, в следствии процессов мицеллообразования в объеме жидкости связующего; повышается смачиваемость, как итог уменьшение краевого угла смачивания на 27 – 32%; снижаются напряжения в пленках связующей композиции на поверхности наполнителя, в следствии изменения их структуры, из-за агрегатирования ЛСТ находящихся в коллоидном состоянии, повышается адгезионная прочность, снижаются напряжения в пленках и манжетах связующего.

В результате этого образуется трехмерный сетчатый полимер, за счет протекания химического взаимодействия между олигомерными цепочками ЛСТ и введенным в состав композиции модификатором НПАВ, что выражается в итоговых прочностных показателях связующего.

Ключевые слова: биокompозиты, наноструктурированная среда, литейное производство, связующие материалы, технический лигнин, модифицирование, цикл отверждения, отливка.

Введение. Лигнинные материалы можно рассматривать как типичный биокompозитный материал. Применение подобного рода материалов, является набирающим силу направлением. Цитата из отчета Министерства энергетики США [1]: «...1,3 миллиарда тонн биомассы ежегодно доступно для промышленного использования в Соединенных Штатах. Это количество биомассы может потенциально произвести 130 миллиардов галлонов жидкого транспортного топлива (этанол, смешанные

спирты, зеленый бензин, биодизель и зеленый дизель). Значительные новые технологические разработки в этой области необходимы, чтобы максимизировать производство и захватить ресурсы ...одного и того же ресурса (технического лигнина) достаточно по размеру, чтобы поставлять практически все сырье, необходимое для химической промышленности США».

Технический лигнин может стать альтернативой [2] для разработки новых связующих материалов в условиях общемирового наращивания объемов производства отливок [3, 4]. Его отличительные черты: доступность на рынке, производство из возобновляемого сырья, техногенного отхода [5]; низкая стоимость, не склонность к удорожанию [6]; экологическая чистота при применении [7].

Технические лигносульфонаты (ЛСТ), как наиболее распространенные представители технического лигнина, в настоящее время практически полностью вытеснены из литейного производства России. Причин две: неудовлетворительное качество, не отвечающее современным требованиям и успешная маркетинговая политика иностранных компаний по продвижению своего технологического оборудования на российский рынок. Покупка оборудования сопровождается обязательным регламентом его эксплуатации, где указывается номенклатура материалов, которые могут на нем применяться. Несоблюдение регламента приводит к санкциям против предприятий в виде снятия оборудования с технического обслуживания и отказ в консультациях по его использованию. В номенклатуре материалов не указаны отечественные материалы!

Неудовлетворительное качество ЛСТ состоит в нестабильности свойств, низкой связующей способности, длительности цикла отверждения, что в совокупности при использовании конвективной сушки может приводить к 50-60 % брака стержней,

в то время как обеспечение качества отливок является главной задачей производства отливок [8].

Целью работы является исследование возможности использования в качестве альтернативы литейным связующим на фенольной основе, биополимерных композиций на основе технического лигнина, для создания новых технологических процессов производства отливок.

Основные результаты исследования. В качестве модельной области применения инновационных биокompозитных материалов, были взяты технологические процессы производства отливок.

В сложившихся условиях литейного производства, перспективным является переход на активное использование отечественной ресурсной базы для разработки новых современных литейных связующих материалов [2, 4].

Определено, что применяемое связующее формирует технические и технологические ограничения рассматриваемого процесса литья, а значит, расширение технологических возможностей связующих материалов напрямую связано с расширением технологических возможностей производства отливок [9]. В этой связи актуальным является поиск таких связующих, которые бы имели расширенный спектр технологических возможностей, были более универсальными и могли применяться для производства отливок из разнообразных сплавов с разным уровнем сложности при обеспечении заданной чистоты поверхности. Это детерминирует актуальность применения лигносульфонатных материалов, обладающих комплексом положительных свойств, в качестве потенциального сырья для разработки новых связующих материалов [8].

Причины вытеснения отечественных связующих материалов с рынка современных литейных связующих состоят в объективной невозможности их применения в импортных технологических комплексах, настроенных непосредственно под обеспечение строго определенных процессов формообразования.

Успешность применения отечественных связующих материалов, учитывая передовой опыт [10, 11] и современный уровень требований к технологическим процессам [12], будет определяться машинно-технологическим сопровождением процесса производства отливок, выстроенного таким образом, чтобы максимальным образом обеспечить технологичность производства качественного литья, при обеспечении безопасности труда и экологических нормативов [13].

Лигносульфонатные материалы могут выступать в качестве альтернативы для создания литейных связующих материалов, что обусловлено:

- технологичностью;
- экологичностью;
- относительно низкой стоимостью;

- не склонностью к удорожанию и не дефицитностью, поскольку первичным источником их производства служат продукты переработки растительного сырья – природного возобновляемого ресурса.

На рынке связующих материалов, этот класс веществ, представлен техническими лигносульфонатами (ЛСТ). Их применение в качестве связующих материалов в литейном производстве сдерживается наличием негативных свойств: низкая связующая способность, нестабильность свойств, высокая гигроскопичность стержней и форм, изготовленных на основе ЛСТ.

Главная проблема, при применении ЛСТ, состоит в противоречии между комплексом перечисленных положительных характеристик и свойств, присущих ЛСТ, с одной стороны, и неудовлетворительными показателями связующей способности, с другой стороны.

Установлено, что расширение применения ЛСТ в литейном производстве за счет вытеснения дорогостоящих и экологически опасных связующих материалов может быть примером реализации ресурсосберегающих технологий с двойным экологическим эффектом – при переработке древесины и в литейном производстве.

Применение ЛСТ в качестве сырья и получение на его основе принципиально новых связующих материалов, отвечающих современным требованиям, может стать реальной альтернативой экологически опасным и дорогостоящим фенольным смолам и масляным связующим материалам.

Установлено, что во многих случаях причинами, ограничивающими сферы применения ЛСТ в литейном производстве, в качестве связующего материала, являются:

- малая связующая способность, что выражается в недостаточной прочности форм и стержней, производимых из смесей с этим связующим;
- нестабильность свойств;
- большая продолжительность отверждения, что ограничивает применение смесей с ЛСТ в технологических процессах получения стержней и форм в нагреваемой оснастке;
- низкая термостойкость, что сужает область применения ЛСТ чугуном литьём;
- большая гигроскопичность стержней и форм с ЛСТ делает их непригодными для длительного хранения и ограничивает возможность сочетания использования высушенных стержней с ЛСТ и литейных форм, получаемых формовкой по-сырому.

Примером перехода на использование отечественных связующих является применение ЛСТ в технологических процессах производства мелкого чугуна фасонного и среднего стального литья. В результате наблюдалось повышение ресурсоэффективности технологии за счет

улучшения технологических, экономических и экологических показателей.

Основные результаты работы. Проведенные исследования и полученные на их основе

результаты позволяют говорить о том, что основные трудности могут быть преодолены.

Проблемы стабильности и повышения прочности свойств решаются подбором модификаторов, рис. 1 и рис. 2.

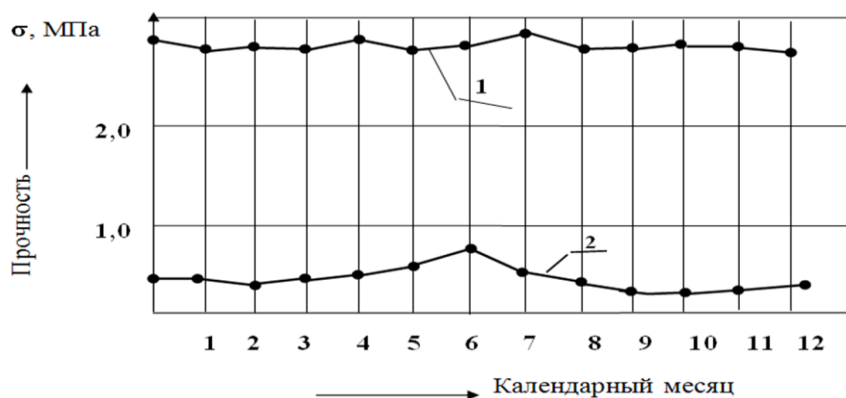


Рис. 1. Стабильность связующей способности композиций ЛСТ при проверке в течение календарного года: 1 – композиция ЛСТ – НПАВ, 2 – ЛСТ (без какой-либо обработки)

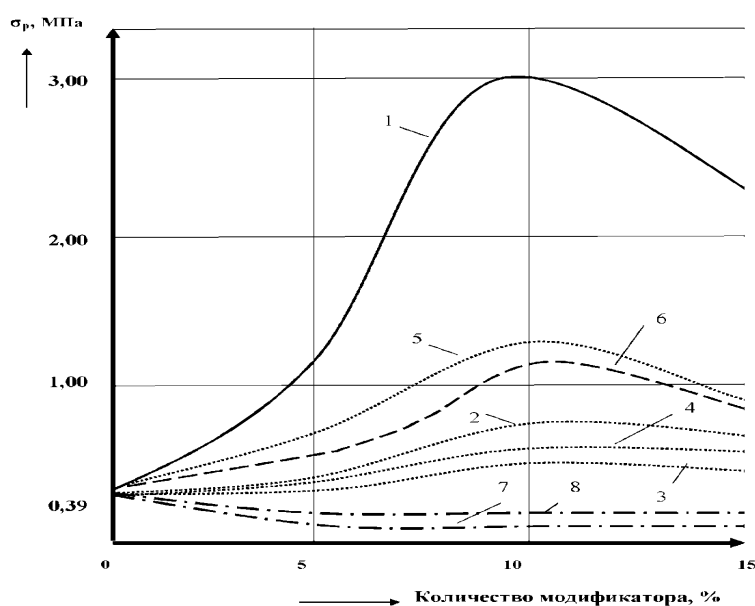


Рис. 2. Показатели действия веществ различных классов (кислоты, соли, щелочи) на связующую способность ЛСТ; кривые:

1 – неионогенные поверхностно-активные вещества (НПАВ); 2 – соляная кислота; 3 – серная кислота; 4 – азотная кислота; 5 – сульфоновая кислота; 6 – сульфат аммония (12%-водный раствор); 7 – раствор едкого калия; 8 – раствор едкого натрия

Длительность цикла отверждения может быть существенно сокращена за счет использования продувных технологий, в частности, отверждения заформованного в стержневом ящике стержня, с последующей продувкой горячим воздухом (рис. 3.) и извлечением готового стержня. За 50 с достигается требуемая прочность.

Наноструктурирование связующего. Полученные результаты показали, что в результате такого ряда воздействий происходит наноструктурирование биополимерной матрицы материала: выравнивается структура молекулярно-

массового распределения (снижается полидисперсность состава), растет молекулярная масса, в следствии процессов мицеллообразования в объеме жидкости связующего; повышается смачиваемость, как итог уменьшение краевого угла смачивания на 27 – 32%; снижаются напряжения в пленках связующей композиции на поверхности наполнителя, в следствии изменяется их структуры, из-за агрегатирования ЛСТ находящихся в коллоидном состоянии, повышается адгезионная прочность, снижаются напряжения в пленках и манжетах связующего.

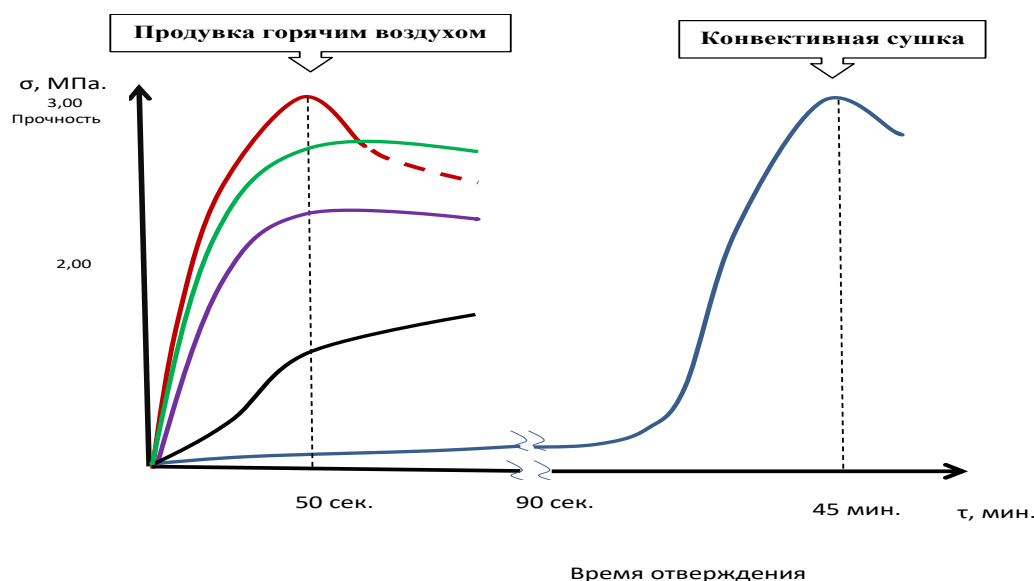


Рис. 3. Возможности обеспечения прочности связующих композиций на ЛСТ, при разных способах отверждения

В результате этого образуется трехмерный сетчатый полимер, за счет протекания химического взаимодействия между олигомерными цепочками ЛСТ и введенным в состав композиции модификатором НПАВ, что выражается в итоговых прочностных показателях связующего.

Химическая реакция, в процессе формирования твердой фазы, протекает с образованием трехмерной полимерной сетки, за счет образования донорно-акцепторных кооперативных связей и приобретает структуру, показанную в виде упрощенной схемы на рис. 4.

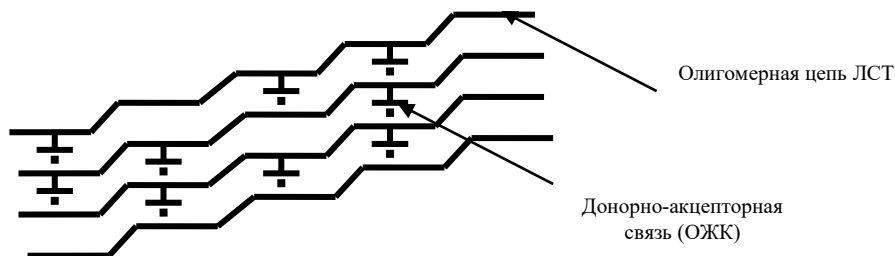


Рис. 4. Упрощенная схема структуры формирующегося в результате теплового отверждения, трехмерного сетчатого полимера связующей композиции на основе ЛСТ – НПАВ

Высокоэнергетическая механическая обработка облегчает протекание такой реакции за счет образования в структуре связующей композиции химически активных, радикальных центров, образованных в следствии разрывов молекулярных структур при механообработке, о чем свидетельствует повышение кислотности раствора, которые и выступают её инициаторами.

В процессе подобной комплексной обработки связующая композиция на основе технических лигносульфонатов претерпевает ряд существенных трансформаций. Итогом подобной обработки является изменений прочностных характеристик ЛСТ.

По предложенной технологии была произведена опытно-промышленная партия литья. Внешний вид отливки рис. 5 «колесо».

Основные результаты исследований.

Установили, что в результате воздействия модификатора происходит наноструктурирование биополимерной матрицы материала.

Показали, что выравнивается структура молекулярно-массового распределения (снижается полидисперсность состава), растет молекулярная масса, в следствии процессов мицеллообразования в объеме жидкости связующего.

Зафиксировали, повышение смачиваемости связующей композиции, как итог уменьшение краевого угла смачивания на 27 – 32%.

Наблюдали, снижение напряжения в пленках связующей композиции на поверхности наполнителя, в следствии изменения их структуры, из-за агрегатирования ЛСТ находящихся в коллоидном состоянии, повышается адгезионная

прочность, снижаются напряжения в пленках и манжетах связующего.

Установили, что в результате воздействия модификатора образуется трехмерный сетчатый полимер, за счет протекания химического взаимодействия между олигомерными цепочками ЛСТ и введенным в состав композиции модификатором НПАВ, что выражается в итоговых прочностных показателях связующего.



Рис 5. Внешний вид отливки «колесо», полученной по технологии в разовые песчаные формы

Выводы. Представленные материалы исследований показывают принципиальную возможность использования наноструктурированных биополимерных композиций на основе технических лигносульфонатов в качестве исходного сырья для создания современных связующих материалов. Расширение биокомпозитов на основе ЛСТ в литейном производстве за счет вытеснения дорогостоящих и экологически опасных связующих материалов может быть примером реализации ресурсосберегающих технологий с двойным экологическим эффектом – при переработке древесины и в литейном производстве.

Применение данных композиций в качестве сырья и получение на его основе принципиально новых связующих материалов, отвечающих современным требованиям, может стать реальной альтернативой экологически опасным и дорогостоящим фенольным смолам и масляным связующим материалам.

Литература

1. The Directive of the European Parliament and Council of the 24-th November 2010 concerning industrial emissions (2010).
2. Y. Svinoroev, K. Batyshev, V. Deev, K. Semenov, V. Bykadorov, E. Prusov Application of Liquid Glass Mixtures with Improved Knocking-Out Ability in Castings Production for Railway Transport/ ARCHIVES of FOUNDRY ENGINEERING Volume 19, Issue 3 / 2019, 27 – 32.

3. 2018 Forecast: U.S. Casting Sales to Reach \$33 Billion, A Modern Casting Staff Report, Modern Casting , January 2018, p.22-27

4. Дибров И.А. Литейное производство – прогресс машиностроения./ Труды XIV Международного съезда литейщиков. – Казань: Российская ассоциация литейщиков, 2019 – с. 3-18.

5. 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.

6. 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.

7. 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.

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. Мельников А.П., Кукуй Д.М. Современные тенденции развития технологии в литейном производстве./ Литье и металлургия №3(47),2008г., с. 65-80.

10. Попов А. Анализ литейного производства Германии на базе опыта последних проектов Лаемпе./ Литейщик России № 5, 2014г., с. 32-37.

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. The Directive of the European Parliament and Council of the 24-th November 2010 concerning industrial emissions (2010).

13. 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.

Svinoroev Yu.A., Gutko Yu.I. APPLICATION OF NANOSTRUCTURED BIOCOMPOSITIONAL MATERIALS BASED ON TECHNICAL LIGNIN FOR THE SYNTHESIS OF FOUNDRY BINDERS

Research was conducted on the possibility of using biopolymer compositions based on technical lignin as an alternative to foundry binders on a phenolic basis to create new technological processes for the production of castings. The results of the research found that the targeted impacts of technical lignin chemical modifiers, high-energy mechanical action, the biopolymer nanostructuring of the matrix material is aligned with the structure of the molecular mass distribution (polydispersity decreases), and increases the molecular weight, the result of the processes of micelle formation in the liquid volume of the binder; increases the wettability, as a result of the decrease in wetting angle for 27 – 32%; the stresses in the films of the binder composition on the filler surface are reduced, as a result of their structure changes, due to the aggregation of lsts in the colloidal state, the adhesive

strength increases, and the stresses in the films and cuffs of the binder are reduced.

As a result, a three-dimensional mesh polymer is formed, due to the chemical interaction between the oligomeric LST chains and the NPA modifier introduced into the composition, which is expressed in the final strength indicators of the binder.

Keywords: biocomposites, nanostructured medium, foundry, binding materials, technical lignin, modification, curing cycle, casting.

Свинороев Юрий Алексеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Цифровые технологии и машины в литейном производстве» ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.
E-mail: desna.us@yandex.ru

Гутько Юрий Иванович, доктор технических наук, профессор, первый проректор ФГБОУ ВО «Луганский

государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

Svinoroev Yuri Alekseevich, candidate of technical Sciences, associate Professor kafedri "Digital machine technology in foundry " Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Lugansk State University named after Vladimir Dahl».

Gutko Yuri, Doctor of Technical Sciences, Professor, First Vice-Rector of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Lugansk State University named after Vladimir Dahl».

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

Статья подана 29.10.2023

УДК 539.3

ОЦЕНКА НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ КОНИЧЕСКОЙ КАМЕРЫ С НАЛИЧИЕМ КОНЦЕНТРАТОРОВ НАПРЯЖЕНИЙ

Солодовник М. Д., Ясуник С. Н., Волков И. В., Кузнецова М. Н.

ASSESSMENT OF THE BEARING CAPACITY OF A CONICAL CHAMBER WITH THE PRESENCE OF STRESS CONCENTRATORS

Solodovnik M. D., Yasunik S. N., Volkov I. V., Kuznetsova M. N.

Рассмотрено техническое решение повышения производительности устройства для отделочно-зачистной обработки деталей путем установления на внутренней поверхности камеры спиральной металлической ленты, для которого решена задача оценки напряженно-деформированного состояния камеры с наличием концентраторов напряжений.

Ключевые слова: отделочно-абразивная обработка, камера, спираль, концентратор напряжений, напряжение, деформация.

Введение. Для обработки деталей в среде свободных абразивов применяется оборудование различных конструкций, в том числе и в зависимости от формы камеры (контейнера) [1]. Так, например, в [2] оценена несущая способность камеры в виде усеченного конуса.

В статье рассматривается техническое решение повышения производительности за счет предотвращения слеживаемости и заклинивания мелких обрабатываемых деталей или гранул абразивной рабочей среды. Так, предлагается по внутренней поверхности конической подкрепленной вращающейся ω камеры (рис. 1) расположить (приварить) сплошную винтовую поверхность типа ленточного шнека.

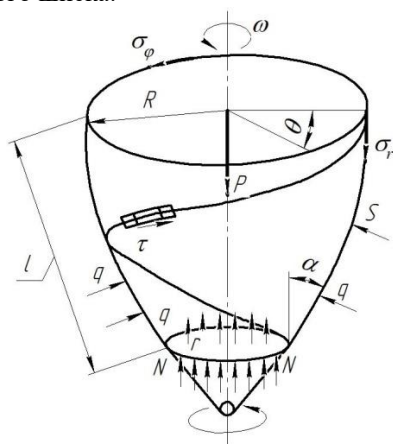


Рис. 1. Усеченная коническая оболочка – вращающаяся камера с приваренной спиральной лентой

Линия соединения (сварной шов) внутренней поверхности камеры-оболочки и спиральной металлической ленты (ребра жесткости) является концентратором напряжений. Такая камера одновременно обеспечивает прочностные несущие характеристики и производит непрерывное перемещение вверх вдоль приваренной спирали загруженной внавал абразивной рабочей среды с обрабатываемыми деталями, которая в конце очередного цикла обрушивается самопроизвольно сверху вниз.

Рассмотрим элемент прочного участка ребра жесткости с учетом внешней действующей нагрузки q и придем к осесимметричной системе разрешающих уравнений [3]:

$$Ds^{-1} \frac{d}{ds} \left\{ Ds^{-1} \frac{d}{ds} \left[Ds^{-1} \left(\frac{d}{ds} s \frac{dw}{ds} \right) \right] \right\} - \frac{tg\alpha}{s} \frac{d^2\Phi}{ds^2} - N \frac{d^2w}{ds^2} - \rho h \omega^2 R = 0, \quad (1)$$

$$s^{-1} \frac{d}{ds} \left\{ s \frac{d}{ds} \left[\frac{d}{ds} s \frac{d\Phi}{ds} \right] \right\} + Eh \frac{tg\alpha}{s} \frac{d^2w}{ds^2} = 0, \quad (2)$$

где $N = -q \frac{1}{2tg\alpha}$;

h – толщина оболочки;

S – длина дуги образующей конуса;

Φ – функция напряжений;

W – прогиб оболочки;

α – угол конусности;

D – модуль упругости.

Для сложной системы (1, 2) можно воспользоваться упрощенными, не влияющими на результаты прикладной задачи, уравнениями [3]:

$$D\nabla^4 w - \nabla^2 \Phi - \rho h \omega^2 R - N \frac{d^2w}{ds^2} S = 0, \quad (3)$$

$$\nabla^4 \Phi + Eh \nabla^2 w = 0. \quad (4)$$

В свою очередь

$$\frac{d}{dr} (\nabla^2 \Phi) = 0 \quad (5)$$

с граничными условиями:

$$\left. \frac{d\Phi}{dr} \right|_{r=l_1 \cos \alpha} = q, \quad (6)$$

$$\left. \frac{1}{r} \frac{d\Phi}{dr} \right|_{r=l_2 \cos \alpha} = 0, \quad (7)$$

где в уравнениях N – сжимающее напряжение, и при $S = l$ происходит потеря устойчивости, т.е. напряжения достигают критического значения при:

$$N = -\frac{Eh^2 \operatorname{tg} \alpha}{l\sqrt{3(1-\mu^2)}} \quad (8)$$

и, соответственно,

$$\sigma_{\text{крит}} = -\frac{P}{\pi h r \sin \alpha}. \quad (9)$$

Приведенные формулы пригодны для практических расчетов в упругой зоне при

$$\begin{aligned} (R/h) &\approx 1000. \\ \text{При этом } \omega_{\text{крит}} &= \sqrt{\frac{3\sigma_T(R-r)q}{(R^3-r^3)}}, \end{aligned} \quad (10)$$

где σ_T – жесткое условие для предельного допустимого напряжения текучести, что в целом определяет прочность камеры и ее несущую способность. Недостающие значения напряжений в (3-7) имеются в научной и учебной литературе.

Также для оценки напряженного состояния вращающейся камеры необходимо определить:

$$\sigma_\varphi = \frac{3+\mu}{8} \rho \omega^2 R^2 - \frac{(1-3\mu)}{8} \rho \omega^2 r^2, \quad (11)$$

$$\sigma_{r,s} = -\frac{P \operatorname{ctg} \alpha}{ah} + \rho \omega^2 \frac{(3+\mu)}{8} (R^2 - r^2). \quad (12)$$

Далее для изучения явления концентрации напряжений на участке $|x| \leq 1$ в области приваренной спиральной металлической ленты – ребра жесткости оболочки достаточно рассмотреть и определить внутреннее касательное напряжение $\tau(x)$ под действием заданной растягивающей нагрузки P_1, P_2 , ориентированной вдоль навивки спирали (рис. 2).

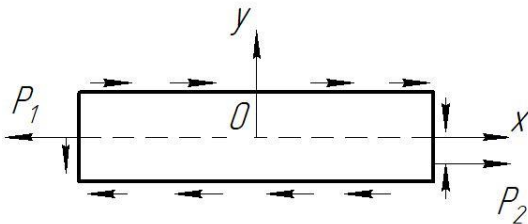


Рис. 2. Участок приваренной к внутренней поверхности камеры спиральной металлической ленты

Если сдвиг U участка направлен вдоль X под действием $P_2 > P_1$, то σ_φ практически совпадает с δ_φ с учетом шага винтовой линии.

Для относительного удлинения U ребра жесткости (его участка) воспользуемся уравнением [4]:

$$\frac{du}{dx} \frac{1}{2hE} \{P_1 - \int_1^x [t(\xi) - \tau(\xi)] d\xi\} \quad (13)$$

где ξ – переменная по длине накладки.

При этом условие статики запишется в виде:

$$P_2 - P_1 = \int_{-1}^1 [\tau(\xi) - t(\xi)] d\xi. \quad (14)$$

Для решения уравнения (13) удобно перейти от U к новой исходной функции $f(x)$ по формуле:

$$f(x) = 2Ehu(x), \quad (15)$$

которая удовлетворяет интегро-дифференциальному уравнению:

$$f''(x) + \frac{\lambda}{\pi} \int_{-1}^1 \frac{f'(\xi) \sqrt{1-\xi^2}}{\xi-x} d\xi = t(x) \quad (16)$$

с граничными условиями, вытекающими из (14),

где λ – общепринятая переменная.

$$f(-1) = P_1 \quad f(+1) = P_2.$$

Для решения этой задачи применим хорошо отработанный метод ортонормированных полиномов $Q(x)$, удовлетворяющих условиям [4]:

$$\begin{aligned} &\int_{-1}^1 Q_m''(x) + \\ &+ \frac{\lambda}{\pi} \int_{-1}^1 \frac{Q_m'(\xi) \sqrt{1-\xi^2}}{\xi-x} d\xi \Big] Q_n(x) dx = \begin{cases} 1 & (m=n) \\ 0 & (m \neq n) \end{cases}. \end{aligned} \quad (17)$$

Тогда искомое решение примет вид:

$$f(x) = C + \sum_{k=3}^N a_k Q_k(x), \quad (18)$$

где C – жесткое смещение ленты-ребра ($k = 1, 2$);

$$a_k = \int_{-1}^1 \left[\frac{T}{1-x^2} - t(x) \right] Q_k(x) dx, \quad (19)$$

$$\text{здесь } T = \frac{1}{\pi} \int_{-1}^1 \tau(\xi) d\xi.$$

Отсюда окончательное решение

$$\tau(x) = \frac{1}{\sqrt{1-x^2}} \left[T - \frac{\lambda}{\pi} \sum_{k=3}^N a_k \int_{-1}^1 \frac{Q_k(\xi)}{\xi-x} \sqrt{1-\xi^2} d\xi \right]. \quad (20)$$

Остается воспользоваться формулой, отвечающей переходу материала спирали в пластическое состояние, что эквивалентно исчерпанию несущей способности и ее разрушению [5]:

$$\tau_{\max} \approx \frac{\sigma_T}{2}.$$

Вывод. Решенная выше задача о напряженно-деформированном состоянии с наличием концентраторов напряжений (в данном случае для камеры, на внутренней поверхности которой приварена спиральная металлическая лента) позволяет определять предельные состояния, предшествующие разрушению деталей из материалов с малой пластичностью и оценивать их несущую способность и соответствующих устройств в целом. Так, полученные результаты могут использоваться в авиастроении при силовом расчете лонжеронов, нервюр, стрингеров крыльев летательных аппаратов, как подкрепляющих оболочек и других, аналогичных деталей.

Л и т е р а т у р а

1. Обработка в вибрационных станках: монография / И.В. Волков, С.Н. Ясуник и др. – Луганск: Ноулидж, 2013. – 228 с.
2. Солодовник М.Д., Ясуник С.Н., Волков И.В., Кузнецова М.Н. Несущая способность конической камеры устройства для отделочно-очистной обработки // Вестник Луганского государственного университета им. В. Даля. – №6 (60). – 2022. – С. 144-147.
3. Вольмир А.С. Устойчивость деформируемых систем. – М.: Наука, 1967. – 984 с.
4. Александров В.М., Солодовник М.Д. Эффективный метод решения задач о взаимодействии накладки (стрингера) с упругой полуплоскостью и некоторые новые качественные результаты // Труды X Всесоюзной конференции по теории оболочек и пластин. – Т. I. – Кутаиси, 22 сентября 1975 г. – С. 10-17.
5. Работнов Ю.Н. Введение в механику разрушения. – М.: Наука, 1987. – 80 с.

Solodovnik M.D., Yasunik S.N., Volkov I.V., Kuznetsova M.N.

ASSESSMENT OF THE BEARING CAPACITY OF A CONICAL CHAMBER WITH THE PRESENCE OF STRESS CONCENTRATORS

A technical solution is considered to increase the productivity of a device for finishing and stripping parts by installing a spiral metal tape on the inner surface of the chamber, for which the problem of evaluating the stress-strain state of the chamber with the presence of stress concentrators is solved.

Key words: finishing and abrasive treatment, chamber, spiral, stress concentrator, stress, deformation.

Солодовник Михаил Дмитриевич, к.ф.-м.н., доц., доцент кафедры технологии машиностроения и инженерного консалтинга ФГ+БОУ ВО «Луганский

государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

E-mail: tm.univer@yandex.ru

Ясуник Светлана Николаевна, к.т.н., доц., доцент кафедры технологии машиностроения и инженерного консалтинга ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

E-mail: jsn7628620@mail.ru.

Волков Игорь Владимирович, к.т.н., доц., доцент кафедры технологии машиностроения и инженерного консалтинга ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

E-mail: volnaana@mail.ru.

Кузнецова Марина Николаевна, старший преподаватель кафедры технологии машиностроения и инженерного консалтинга ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

E-mail: kuz_mari@rambler.ru.

Solodovnik Mikhail, Candidate of Physical and Mathematical sciences, associate professor, associate professor of the department of engineering technology and engineering consulting at the «LSU named after V. Dahl», Lugansk.

E-mail: tm.univer@yandex.ru

Yasunik Svetlana, Candidate of Technical sciences, associate professor, associate professor of the department of engineering technology and engineering consulting at the «LSU named after V. Dahl», Lugansk.

E-mail: jsn7628620@mail.ru.

Volkov Igor, Candidate of Technical sciences, associate professor, associate professor of the department of engineering technology and engineering consulting at the «LSU named after V. Dahl», Lugansk.

E-mail: volnaana@mail.ru.

Kuznetsova Marina, senior lecturer of the department of engineering technology and engineering consulting at the «LSU named after V. Dahl», Lugansk.

E-mail: kuz_mari@rambler.ru.

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

Статья подана 30.11.2023

УДК 67.02/ 67.08

ДООБУЧЕНИЕ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНИКИ LORA ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ СТАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПРОГРАММНОГО КОДА

Швыров В. В., Капустин Д. А., Кущенко А. В., Сентяй Р. Н.

LARGE LANGUAGE MODELS FINE-TUNING WITH THE LORA TECHNIQUE TO SOLVE PROBLEMS OF STATIC ANALYSIS OF PROGRAM CODE

Shvyrov V. V., Kapustin D. A., Kushchenko A. V., Sentyay R. N.

Большие языковые модели, основанные на технологии Transformer, успешно используются в различных областях, связанных с обработкой естественных языков, задачах классификации, анализа текстовых данных, а также генерации программного кода. Существенным недостатком таких моделей является затрата значительных ресурсов на их обучение на пользовательских данных для адаптации моделей к решению конкретных прикладных задач. Появление техники LoRA (Low-Rank Adaptation of large language models) значительно снижает требования к ресурсам, что позволяет разрабатывать новые нейросетевые модели для использования в задачах статического анализа программного кода. В данной работе выполняется дообучение различных больших языковых моделей и оценка эффективности полученных моделей для детектирования уязвимостей в программном коде на языке Python.

Ключевые слова: датасет, статический анализ, детектирование уязвимостей, нейросетевые модели, RoBERTa, LoRA, CodeBERT.

Введение. Статический анализ программного кода представляет собой анализ кода без его выполнения. Данный метод был представлен в работах Кузо [1], Аллена [2], и развивался в целом ряде работ зарубежных и отечественных исследователей.

Одним из распространенных применений методов машинного обучения для обнаружения уязвимостей является классификация фрагментов кода [3, 4, 5], классификация бинарных файлов [6, 7] или изменений кода, извлеченных из открытых репозиторий, таких как GitHub или каталога CVE [8, 9]. Нейросетевые модели могут быть обучены на размеченных наборах данных, где каждый образец представляет собой известный код с уязвимостью или код с ее отсутствием. Затем, эти модели учатся обобщать на основе предоставленных примеров и классифицировать новые случаи на основе выявленных шаблонов. Этот метод позволяет автоматически обнаруживать уязвимости без

необходимости ручного анализа, существенно сокращая время и усилия, необходимые для анализа. Детальный обзор различных техник и подходов детектирования уязвимостей с использованием нейросетевых методов представлен в работе [10].

Среди главных преимуществ использования указанных подходов в задачах статического анализа выделяют – возможность автоматизации проверки значительных объемов программного кода, более высокую производительность, по сравнению с классическими методами или ручным анализом, а также высокую степень эвристик моделей, которые позволяют обнаруживать ранее не описанные уязвимости.

Среди множества работ данной тематики можно выделить несколько наиболее важных направлений. Так, в работе [11] предлагается использовать метод глубокого обучения. В работе представлен алгоритм обучения для извлечения семантики кода, представляющей признаки, указывающие на дефектный код. В отличие от классических методов, которые выполняют анализ абстрактного синтаксического дерева, в работе [12] предложен метод анализа определенных связанных зависимостями множеств строк кода, по сути с использованием нейросетевых методов изучается высокоуровневое представление программы. Активно развиваются и методы анализа бинарного кода программ [13].

Появление технологии Transformer в 2017 году в работе [14] оказало существенное влияние на развитие всей сферы искусственного интеллекта и машинного обучения. Наиболее впечатляющие результаты с использованием технологии Transformer показывали модели BeRT [15]. Описание существующих моделей, которые получены на основе BeRT, уже практически невозможно в силу огромного количества таких моделей. На момент написания работы на ресурсе [16] представлено уже более 460 000 различных нейросетевых моделей, и более 45 000 моделей,

которые относятся к категории классификации данных. В связи с этим, выбор конкретной модели для обучения, а также техники ее адаптации и тонкой настройки является для использования в различных областях является актуальной задачей.

Целью работы является анализ эффективности дообучения больших языковых моделей с использованием техники низкоранговой адаптации LoRA для решения задач статического анализа программного кода, в частности, для детектирования уязвимостей типа CWE-20 в программном коде на языке Python.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- выполнить анализ программного кода классическими средствами для формирования набора данных уязвимостей различных классов;
- разработать вспомогательные алгоритмы для автоматизации фильтрации и обработки массива программного кода;
- сформировать датасет содержащий размеченные строки программного кода;
- выполнить дообучение различных моделей (roberta-base, roberta-large, codebert-base, codebert-base-mlm) и оценить показатели эффективности полученных моделей;
- оценить влияние сбалансированности датасета на результаты обучения в случае бинарной классификации.

Изложение основных материалов. Задача детектирования уязвимостей в программном коде может быть естественным образом переформулирована в задачу бинарной классификации фрагментов кода для прогнозирования вхождения фрагмента в один из двух классов. Класс – фрагментов, которые содержат уязвимости, и класс фрагментов в которых не выявлены уязвимости для проверяемой категории.

Существует несколько методов формирования датасетов программного кода.

1. Извлечение из открытых источников. Данный метод подразумевает использование репозитория открытого исходного кода, таких как GitHub, GitLab, Bitbucket и другие, для сбора данных.

2. Создание искусственных датасетов. В данном методе выполняется ручное создание или сгенерированное формирование датасетов с использованием различных языков программирования. Подобный подход может включать в себя написание кода, который генерирует примеры кода с заданными характеристиками.

3. Аугментация данных. Применение техник аугментации данных к существующим датасетам. Например, можно внести случайные изменения в синтаксис или добавить шум для расширения датасета. Техника аугментации широко используется для расширения датасетов

изображений. Однако, для программного кода качественная аугментация требует использования дополнительных программных средств и не всегда может быть выполнена без ухудшения качества датасета.

4. Использование открытых датасетов. Данный подход является наиболее распространенным на практике в исследованиях и разработке, но в случае решения специфических прикладных задач необходимые данные обычно отсутствуют.

5. Сбор данных с использованием методов статического анализа. Метод подразумевает использование инструментов статического анализа кода для автоматического сбора информации о структуре, свойствах и зависимостях в программах.

В результате анализа различных методов, для формирования датасетов использовался подход с использованием методов статического анализа для формирования датасета с заданными характеристиками.

Одним из результатов анализа корпуса исходных кодов является сформированный массив данных в формате JSON. В частности, были получены данные о строках программного кода на Python, которые могут содержать уязвимости определенного класса. Общее количество фрагментов кода с указанием вероятного класса уязвимости для данного фрагмента составляет около 180 000 записей. Статистический анализ показал, что в датасете присутствуют фрагменты, которые соответствуют значительному числу различных видов уязвимостей согласно каталогу CWE. Поскольку полученные результаты свидетельствуют о значительном количестве появлений проблем с фильтрацией данных в проектах с открытым исходным кодом, в качестве класса, содержащего положительные предсказания, выбрано подмножество датасета состоящее из фрагментов класса CWE-20.

Уязвимость CWE-20 относится к категории «Improper Input Validation» (неправильная проверка ввода) и описывает ситуации, когда программа некорректно обрабатывает входные данные. В частности, CWE-20 указывает на возможность выполнения атаки «Improper Input Neutralization for Log Files» (неправильная нейтрализация ввода для файлов журналов). Примером эксплуатации подобного класса уязвимостей может быть, например, описанная уязвимость в библиотеке gradio, (CVE-2023-34239).

Таким образом, для формирования датасета для обучения из полученного массива данных выбраны записи, содержащие строки программного кода, в которых вероятна уязвимость вида CWE-20. После выполнения фильтрации повторяющихся записей, результирующий массив составил 1320 строк. Затем, выполнена его разметка на выборки для обучения – 80%, тестирования – 10% и проверки – 10%.

Для формирования класса, состоящего из строк, не содержащих уязвимости класса CWE-20,

выбраны и отфильтрованы около 500 000 различных строк кода представленных в файлах корпуса Py150k [17]. В процессе фильтрации исключены пустые строки, строки комментариев, а также повторяющиеся строки. Для исключения дубликатов, общий список фрагментов был преобразован в множество, и, затем, сохранен в требуемом формате.

Все манипуляции с данными выполнялись средствами Python с использованием как стандартных библиотек для работы с файловой системой, так и дополнительных пакетов, таких как библиотека Pandas, datasets и другие.

Данные фрагменты кода, также разбиты на выборки для обучения, тестирования и проверки в виде аналогичном указанному выше соотношении. Таким образом, меткой класса строк с потенциальными уязвимостями выбрана - 1, строк без уязвимостей – 0. Таким образом, сформированы два датасета, которые отличаются между собой размером класса 0. В первом случае, класс 0 содержит более 500 000 фрагментов, обозначим данный датасет D1. Во втором, случае, класс 0 содержит около 50 000 фрагментов.

Следует отметить, что ключевой проблемой, связанной с небольшой мощностью класса фрагментов с уязвимостями является несбалансированность датасета и вероятное смещение вероятности предсказания в сторону большего класса. В целом, проблемы сбалансированности датасета могут решаться путем искусственного увеличения размера класса 1, либо комбинированными методами. Исследование о степени влияния данных показателей на точность модели является открытым вопросом.

Рассмотрим основные методы обучения и тонкой настройки (fine-tuning) больших языковых моделей.

Полное переобучение модели является классическим методом адаптации модели под конкретные задачи, однако, данный подход, учитывая количество параметров в современных больших языковых моделях, требует огромных вычислительных ресурсов. Кроме того, в случае решения множества различных задач, становится затратным хранение и переобучение большого числа моделей. Еще одним аспектом, который важен при полном переобучении, является проблема «катастрофического забывания» [18]. Модели, использующие стохастический градиентный спуск, часто забывают информацию о предыдущих задачах после обучения новой задаче. Одним из путей решения данной проблемы, является использование методов эффективной тонкой настройки (PEFT-Parameter-Efficient Fine-Tuning) при дообучении модели. В данной работе используется метод низкоранговой адаптации LoRA [19]. Для использования данной техники подключается библиотека peft.

Общая схема выполнения дообучения модели состоит из следующих этапов:

1. Проверяется наличие доступности GPU и переключение на него (если возможно).
2. Импортируются необходимые библиотеки, включая PyTorch, Hugging Face Transformers, PeftModel, evaluate и pandas.
3. Загружаются данные из Excel-файла и преобразуются в структуру DatasetDict.
4. Загружается предварительно обученная модель (например, codebert-base-mlm) для задачи классификации последовательностей.
5. Определяются параметры обучения, такие как learning rate, batch size и количество эпох.
6. Создаются объекты токенизатора и коллатора данных.
7. Текст в датасете токенизируется и подготавливается для обучения.
8. Модель обучается с использованием Trainer и заданных параметров обучения.
9. После обучения загружается сохраненная модель для валидации.
10. Производится валидация модели на тестовом наборе данных.

При обучении использованы следующие гиперпараметры: learning rate = 1e-3, batch_size = 8, num_epochs = 10, которые не изменялись в процессе обучения. Размер параметра batch_size при загрузке больших моделей приходится уменьшать в случае нехватки памяти видеокарты.

Параметры конфигурации LoRA имеют следующий вид:

```
LoraConfig(peft_type=<PeftType.LORA:
'LOLA'>, auto_mapping=None,
base_model_name_or_path=None, revision=None,
task_type='SEQ_CLS', inference_mode=False, r=4,
target_modules={'query'}, lora_alpha=32,
lora_dropout=0.01, fan_in_fan_out=False, bias='none',
modules_to_save=None, init_lora_weights=True,
layers_to_transform=None, layers_pattern=None,
rank_pattern={}, alpha_pattern={},
megatron_config=None,
megatron_core='megatron.core', loftq_config={})
```

Следует отметить, что в качестве оптимизатора использовался AdamW оптимизатор. AdamW - это вариант оптимизатора Adam с добавлением весового убывания. Оптимизатор Adam, в основе которого лежит метод стохастической оптимизации, эффективен при обучении глубоких нейронных сетей. Однако, он также может привести к переобучению, особенно на данных с высокой размерностью. Weight decay представляет собой метод регуляризации, который штрафует большие веса, чтобы предотвратить переобучение. При обучении использовалось значение параметра weight_decay=0.01.

Для визуализации процесса обучения использовалась библиотека tensorboard, фрагмент окна которой приведен на рис. 1.



Рис. 1. Контроль процесса обучения в tensorboard

Для оценки адекватности полученной модели, а также изучения особенностей обучения больших языковых моделей для бинарной классификации было выполнено обучение модели codebert-base-mlm на датасете имеющим сильный дисбаланс в сторону класса 0 (датасет D1). Класс 1 содержал 1320 уникальных фрагментов, описывающих уязвимости класса CWE-20. После выполнения обучения модели в течении 10 эпох точность на проверочной выборке достигла 99,8%. Однако, высокий показатель точности в данной модели может быть связан с дисбалансом исходного датасета, а не с реальными показателями. Для дальнейшей проверки модели, был выполнен анализ 66 958 строк кода из выборки, которая не задействована в процессе обучения модели и процессе валидации. Для каждой строки был получен прогноз ее класса и, в случае

потенциальной уязвимости, такая строка записывалась в отдельный файл. Таким образом, были получены 1039 строк, которые модель отнесла к подозрительным, что составляет около 1,6% от общего числа строк, что свидетельствует о большом количестве ложно положительных срабатываний модели.

Тем не менее, детальный эмпирический анализ отфильтрованных таким образом строк показал, попадание в список подозрительных любых манипуляций с json, xml, путями, кодировкой и декодировкой различных данных, что в целом может быть характерно для ошибок класса CWE-20.

Далее, выполнена контрольная проверка файла, содержащего 1147 строк с помощью обученной модели и утилиты Bandit. Результаты проверки представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты проверки уязвимости программного кода

Средство проверки	Уязвимостей класса CWE-20	Детектированные строки
Bandit	2	1. from lxml.etree import Element, SubElement 2. from xml.etree.ElementTree import Element, SubElement
Модель codebert-base-mlm, обученная на датасете D2	35 (33 ложно положительных)	1. from lxml.etree import Element, SubElement 2. from xml.etree.ElementTree import Element, SubElement 3. from libcloud.utils.xml import fixxpath, findtext 4. obj=response.object, xpath="Buckets/Bucket" 5. obj=response.object, xpath="Contents", container=container 6. fixxpath(xpath="IsTruncated", namespace=self.namespace) 7. root = Element("CreateBucketConfiguration") 8. child = SubElement(root, "LocationConstraint") 9. # Get the upload id from the response xml 10. body = response.parse_body() 11. upload_id = body.find(fixxpath(xpath="UploadId", namespace=self.namespace)).text 12. root = Element("CompleteMultipartUpload") 13. etag_id = SubElement(part, "ETag") 14. data = tostring(root) 15. body = response.parse_body() 16. server_hash = body.find(fixxpath(xpath="ETag", namespace=self.namespace)).text 17. body = response.parse_body()

Продолжение табл. 1

Средство проверки	Уязвимостей класса CWE-20	Детектированные строки
		18. for node in body.findall(19. fixxpath(xpath="Upload", namespace=self.namespace) 20. fixxpath(xpath="Initiator", namespace=self.namespace) 21. is_truncated = body.findtext(22. fixxpath(xpath="IsTruncated", namespace=self.namespace) 23. upload_marker = body.findtext(24. fixxpath(xpath="NextUploadIdMarker", namespace=self.namespace) 25. key_marker = body.findtext(26. fixxpath(xpath="NextKeyMarker", namespace=self.namespace) 27. def _to_objs(self, obj, xpath, container): 28. element=element, xpath="CreationDate", namespace=self.namespace 29. name=findtext(element=element, xpath="Name", namespace=self.namespace), 30. owner_id = findtext(element=element, xpath="Owner/ID", namespace=self.namespace) 31. element=element, xpath="Owner/DisplayName", namespace=self.namespace 32. element=element, xpath="LastModified", namespace=self.namespace 33. name=findtext(element=element, xpath="Key", namespace=self.namespace), 34. size=int(findtext(element=element, xpath="Size", namespace=self.namespace)), 35. element=element, xpath="ETag", namespace=self.namespace
Модель codebert-base-mlm, обученная на датасете D1	1 (ложно положительное)	1. from libcloud.utils.xml import fixxpath, findtext

В целом, подтверждается значительное число ложно положительных срабатываний моделей, однако, модель хорошо «уловила» общую суть характерную для детектируемого класса уязвимостей. В случае с датасетом D1 наблюдается

значительно меньшее число ложно положительных срабатываний, однако это обусловлено сильным дисбалансом между классами.

В табл. 2 представлены сводные данные для различных моделей.

Таблица 2

Сводные данные об исследуемых моделях

Название модели	Общее количество параметров в модели	Количество тренируемых параметров	Точность
roberta-base	125 313 028	665 858	99,03%
roberta-large	356 610 052	1 248 258	99,8%
codebert-base	125 313 028	665 858	98,5%
codebert-base-mlm	125 313 028	665 858	99,98%

Выводы.

1. Разработаны новые датасеты, которые состоят из фрагментов кода на языке Python. Для каждой такой части указан предполагаемый класс уязвимостей, которые могут быть детектированы в данном фрагменте, а также размечены участки кода без обнаруженных уязвимостей.

2. Предложена общая схема использования техники LoRA для адаптации больших языковых моделей к задачам статического анализа.

3. Разработаны новые нейросетевые модели адаптированные для детектирования уязвимостей, которые относятся к категории CWE-20.

4. Установлено, что ключевой проблемой в задаче детектирования уязвимостей данного класса является значительное число ложно положительных срабатываний моделей.

Л и т е р а т у р а

1. Cousot P. Abstract interpretation: a unified lattice model for static analysis of programs by construction or approximation of fixpoints / P. Cousot // Proceedings of the 4th ACM SIGACT-SIGPLAN symposium on Principles of programming languages. — 1977 – P. 238–252.

2. Allen F.E. Control flow analysis / F.E. Allen // ACM SIGPLAN Notices V. 5 Is. 7 July 1970, – P. 1–19.

3. Dam K. H. Automatic feature learning for vulnerability prediction / K. H. Dam, T. Tran, T. Pham, S. W. Ng, J. C. Grundy, A. K. Ghose // ArXiv, abs/1708.02368.

4. Jeon S., Kim H.K. AutoVAS: An automated vulnerability analysis system with a deep learning approach / S. Jeon, H.K. Kim // Computers & Security, 106 (2021), 102308.

5. Shippey T. Automatically identifying code features for software defect prediction: Using AST N-grams / T. Shippey, D. Bowes, T. Hall // Information and Software Technology, 106 (2019), – P. 142–160.

6. Nguyen T., Le T., Nguyen K. et al. Deep cost-sensitive kernel machine for binary software vulnerability detection / T. Nguyen, T. Le, K. Nguyen et al. // Pacific-Asia Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, Springer, – P. 164–177.

7. Yan H., Luo S., Pan L., Zhang Y. HAN-BSVD: a hierarchical attention network for binary software vulnerability detection / H. Yan, S. Luo, L. Pan, Y. Zhang // Computers & Security, 108 (2021), 102286.

8. Liu S., Lin G., Han Q.-L., et al. DeepBalance: Deep-learning and fuzzy oversampling for vulnerability detection / S. Liu, G. Lin, Q.-L. Han, et al. // IEEE Transactions on Fuzzy Systems 28, 7 (2019), – P. 1329–1343.

9. Sabetta A., Bezzi M. A practical approach to the automatic classification of security-relevant commits / A. Sabetta, M. Bezzi // 2018 IEEE International conference on software maintenance and evolution (ICSME). IEEE, – P. 579–582.

10. Zeng P., Lin G., Pan L. et al. Software vulnerability analysis and discovery using deep learning techniques: A survey / P. Zeng, G. Lin, L. Pan et al. // IEEE Access 8 (2020), – P. 197158–197172.

11. Wang S., Liu T., Tan L. Automatically learning semantic features for defect prediction / S. Wang, T. Liu, and L. Tan // Proc. 38th Int. Conf. Softw. Eng. (ICSE), 2016, – P. 297–308.

12. Li Z., Zou D., Xu S., et al. VulDeePecker: A deep learning-based system for vulnerability detection / Z. Li, D. Zou, S. Xu, et al. // Proc. Netw. Distrib. Syst. Secur. Symp., 2018. Abs/1801.01681.

13. Liu S., Dibaei M., Tai Y., et al. Cyber vulnerability intelligence for Internet of things binary / S. Liu, M. Dibaei, Y. Tai, et al. // IEEE Trans. Ind. Informat., vol. 16, no. 3, Mar. 2020, – P. 2154–2163

14. Vaswani A., Shazeer N., Parmar N., et al. Attention is all you need / A. Vaswani, N. Shazeer, N. Parmar, et al. // Advances in Neural Information Processing Systems, 2017. – P. 5998–6008.

15. Devlin J., Chang M.-W., Lee K., Toutanova K. BERT: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding / J. Devlin, M.-W. Chang, K. Lee, and K. Toutanova // Proc. Conf. North Amer. Chapter Assoc. Comput. Linguistics: Hum. Lang. Technol., 2019, – P. 4171–4186.

16. Hugging Face. Models. URL: <https://huggingface.co/models> (дата обращения: 12.12.2023)

17. Secure, Reliable, and Intelligent Systems Lab | SRI Group Website. URL: <https://www.sri.inf.ethz.ch/> (дата обращения: 04.12.2023)

18. McCloskey M., Neal J. Cohen. Catastrophic Interference in Connectionist Networks: The Sequential Learning Problem / M. McCloskey, N. J. Cohen. // Psychology of Learning and Motivation 24 (1989): –P. 109-165.

19. Edward H.J., Shen Y., Wallis P. et al. LoRA: Low-Rank Adaptation of Large Language Models / H.J. Edward, Y. Shen, P. Wallis et al. // ArXiv abs/2106.09685 (2021): n. pag.

Shvyrov V.V., Kapustin D.A., Kushchenko A.V., Sentyay R.N.

LARGE LANGUAGE MODELS FINE-TUNING WITH THE LORA TECHNIQUE TO SOLVE PROBLEMS OF STATIC ANALYSIS OF PROGRAM CODE.

Large language models based on Transformer technology, are successfully used in various fields related to natural language processing, classification tasks, text data analysis, and even code generation. A significant drawback of such models is the need for extensive resources during their

training on user data to adapt the models to specific applied tasks. The emergence of the LoRA technique (Low-Rank Adaptation of large language models) significantly reduces the resource requirements, enabling the development of new neural network models for use in static analysis tasks of program code. This work involves fine-tuning various large language models and evaluating the effectiveness of the obtained models for detecting vulnerabilities in Python code.

Key words: datasets, static analysis, vulnerability detection, neural network models, RoBERTa, LoRA, CodeBERT.

Швыров Вячеслав Владимирович, к.м.н. доцент кафедры «Информационные образовательные технологии и системы» ФГБОУ ВО «Луганский государственный педагогический университет», г. Луганск.
E-mail: slavik_asas@mail.ru

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

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

Сентяй Роман Николаевич, старший преподаватель кафедры «Информационные образовательные технологии и системы» ФГБОУ ВО «Луганский государственный педагогический университет», г. Луганск.
E-mail: sentyayroman@yandex.ru

Shvyrov Vyacheslav Vladimirovich, Candidate of Sciences, a docent of the Chair «Information educational technologies and systems», Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Lugansk State Pedagogical University».

Kapustin Denis Alekseevich, Candidate of Sciences, a head of the Chair «Information educational technologies and systems», Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Lugansk State Pedagogical University».

Kushchenko Aleksandr Vladimirovich, Candidate of Sciences, a docent of the Chair «Transport technologies», Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Lugansk Vladimir Dahl State University».

Sentyay Roman Nikolaevich, Senior Lecturer of the Chair «Information educational technologies and systems», Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Lugansk State Pedagogical University».

Рецензент: Витренко Владимир Алексеевич, д.т.н. профессор кафедры технологий машиностроения и инженерного консалтинга ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

Статья подана 26.12.2023

ВЕСТНИК: НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
«ЛУГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени ВЛАДИМИРА ДАЛЯ»
№ 12 (78) 2023

Оригинал-макет

Коломиец-Кириллова Е.А.

Подписано к печати 16.02.2024.
Формат 60х84/8. Бумага офсетная. Гарнитура Times
Условных печатных стр. 38,07. Тираж 100 экз. Изд. № 01428.

ИЗДАТЕЛЬСТВО
Луганского государственного университета
имени Владимира Даля

Адрес издательства: 291034, г. Луганск, кв. Молодежный, 20,а.
Тел.: 7(959) 138-34-80
E-mail: izdat.lguv.dal@gmail.com