

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ЮРГИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ИННОВАЦИОННЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ
В МАШИНОСТРОЕНИИ

СБОРНИК ТРУДОВ XV МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

23–25 мая 2024 года
Юрга

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
ЮРГИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Сборник трудов
XV Международной научно-практической конференции

23–25 мая 2024 г.

Томск 2024

УДК 62.002:658(063)

ББК 34.4:65л0

И66

И66 **Иновационные технологии в машиностроении** : сборник трудов XV Международной научно-практической конференции / Юргинский технологический институт. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2024. – 156 с.

ISBN 978-5-4387-1193-3

Сборник содержит материалы XV Международной научно-практической конференции по инновационным технологиям в машиностроении, металлургии, сварочном производстве, промышленной безопасности, информационных технологий и автоматизации производства.

Предназначен для преподавателей, научных сотрудников, аспирантов и студентов технических специальностей.

УДК 62.002:658(063)

ББК 34.4:65л0

Ответственный редактор

С.А. Солодский

Редакционная коллегия

Н.А. Сапрыкина

А.А. Сапрыкин

А.В. Проскоков

Д.П. Ильященко

М.А. Кузнецов

Е.В. Телипенко

С.В. Разумников

А.Г. Мальчик

П.В. Родионов

ISBN 978-5-4387-1193-3

© ФГАОУ ВО НИ ТПУ Юргинский
технологический институт (филиал), 2024

Секция 1. ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ И ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ.....	6
ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ МИКРОТВЕРДОСТИ ПОКРЫТИЯ ПРИ ЛАЗЕРНОЙ НАПЛАВКЕ С ПОПЕРЕЧНЫМ СКАНИРОВАНИЕМ <i>Девойно О.Г., Луцко Н.И., Пилецкая Л.И.</i>	7
МЕТОДИКА РАСЧЕТА ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ КОЛЕСНОГО ТРАНСПОРТНОГО УСТРОЙСТВА МАГНИТНОГО ТИПА <i>Корягин С.И., Шарков О.В., Великанов Н.Л.</i>	10
СТРУКТУРА И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ZrCN <i>Матренин С.В., Кузьменко Е.Д.</i>	13
ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОРОШКА ТИТАНА ПОСЛЕ ОБРАБОТКИ В ПЛАНЕТАРНОЙ ШАРОВОЙ МЕЛЬНИЦЕ <i>Собачкин А.В., Мясников А.Ю., Розный А.А.</i>	16
СРАВНЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ СТАЛЕЙ ПО ПРОГНОЗИРУЕМЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ НАДЕЖНОСТИ ДЕТАЛИ <i>Татаринцев В.А.</i>	19
ИССЛЕДОВАНИЕ СТРОЕНИЯ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНОГО СПЛАВА, ПОЛУЧЕННОГО СПС И ТВЧ КОНСОЛИДАЦИЕЙ <i>Дмитриенко А.Н., Юаньсюнья Лю, Ковалевская Ж.Г.</i>	22
О ВОЗМОЖНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ФОРМЫ ЧАСТИЦ ПОРОШКОВОЙ КОМПОЗИЦИИ СИСТЕМЫ Al-Si-Mg В ШАРОВОЙ МЕЛЬНИЦЕ <i>Ибрагимов Е.А., Сапрыкин А.А.</i>	24
ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТРИПЛЕКСНЫХ КЛАСТЕРНЫХ ДАТЧИКОВ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ДЕФЕКТОВ ФОРМЫ <i>Епифанцев К.В.</i>	27
ОСНОВАНИЕ ВЫБОРА КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ НОЖА ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО ОРГАНА ГЕОХОДА <i>Ефременков А.Б., Нозирзода Ш.С.</i>	30
ОБЗОР ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА СЛС, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОБРАЗЦОВ ИЗ ПОРОШКА ТИТАНА <i>Рожкова Е.В., Сапрыкин А.А.</i>	34
ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА «КОМПАС-3D V21 » ДЛЯ РАЗРАБОТКИ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ ВЫПОЛНЕНИЯ СВАРОЧНЫХ РАБОТ <i>Ильющенко Д.П., Лаврова Е.В., Гутов Н.В.</i>	37
ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ОСАЖИВАНИЯ ОБРАЗЦОВ В ЗАКРЫТОЙ ПРЕСС-ФОРМЕ НА СТРУКТУРУ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СПЕЧЁННОГО СПЛАВА AL-7FE-38SN <i>Русин Н.М., Скоренцев А.Л., Лихарев В.Е.</i>	40
О СВЯЗИ ДИСЛОКАЦИОННОГО И МАКРОСКОПИЧЕСКОГО МАСШТАБОВ ПРИ ПЛАСТИЧЕСКОМ ТЕЧЕНИИ ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО АЛЮМИНИЯ <i>Баранникова С.А., Исхакова П.В.</i>	45
ОЦЕНКА УПЛОТНЯЕМЫХ ЗАЗОРОВ СИЛОВОГО ГИДРОЦИЛИНДРА НА СТЕНДЕ <i>Буялич Г.Д., Бяков М.А., Буялич К.Г.</i>	47
НОВЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ВОЛЛАСТОНИТА ДЛЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ <i>Мананков А.В., Рахманова И.А.</i>	50
ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ РАЗНОРОДНЫХ СУБСТАНЦИЙ <i>Чжан Ц., Пань М., Козлов В.Н.</i>	54
ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ МАГНИЯ В АЛЮМИНИЕВОМ СПЛАВЕ НА ПОРИСТОСТЬ ОБРАЗЦА, ПОЛУЧЕННОГО МЕТОДОМ СЕЛЕКТИВНОГО ЛАЗЕРНОГО ПЛАВЛЕНИЯ <i>Сапрыкина Н.А., Сапрыкин А.А., Чебодаева В.В.</i>	57

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖИМА РАБОТЫ ШАРОВОЙ МЕЛЬНИЦЫ <i>Гусева Т.С., Сапрыкин А.А., Ибрагимов Е.А., Сапрыкина Н.А.</i>	61
Секция 2. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ	65
ИЗМЕРЕНИЕ ПОГРЕШНОСТИ ИНТЕРВАЛА ВРЕМЕНИ В ЦИФРОВЫХ СЕТЯХ СВЯЗИ <i>Батенков К.А.</i>	66
ИТ-СПЕЦИАЛИСТ БУДУЩЕГО: ХАРАКТЕРИСТИКИ, ОСОБЕННОСТИ, НАВЫКИ <i>Сарафанникова А.С.</i>	67
НЕЙРОТЕХНОЛОГИИ В УПРАВЛЕНИИ ПЕРСОНАЛОМ <i>Полицинская Е.В.</i>	71
ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ: ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ И ПРИМЕНЕНИЕ В РАЗЛИЧНЫХ ОБЛАСТЯХ <i>Разумников С.В., Мишин И.В.</i>	74
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИИ И ЗАКАЗЧИКОВ <i>Захарова А.А., Гиниятова В.А.</i>	76
ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА И АНАЛИЗА ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ <i>Захарова А.А., Куминов П.А.</i>	79
ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ В ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМАХ, ОСНОВАННЫХ НА ЗНАНИЯХ <i>Романенко В.В., Поврозник А.А.</i>	81
АНАЛИЗ МЕТОДОВ И ПОДХОДОВ К ПРОГНОЗИРОВАНИЮ СПРОСА НА ТОВАРЫ И УСЛУГИ В ТЕНДЕРНЫХ ЗАКУПКАХ <i>Бозымбаева К.А., Захарова А.А.</i>	85
ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ С ПОМОЩЬЮ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ <i>Телипенко Е.В., Рожков Д.А.</i>	87
ОБЩИЕ ВОПРОСЫ РАЗРАБОТКИ ПРОЦЕССНОЙ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ УНИВЕРСИТЕТА В КОНТЕКСТЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ИНДУСТРИАЛЬНЫМИ ПАРТНЕРАМИ <i>Нестерук Д.Н.</i>	89
АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ПРОВЕРКИ СТУДЕНЧЕСКИХ РАБОТ НА НОРМОКОНТРОЛЬ <i>Аверьянова А.М., Глухих К.Д., Захарова А.А.</i>	93
ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ОТРАСЛИ <i>Ульрих Е.В., Преображенский Д.С.</i>	97
РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ ТЕХНИКИ <i>Жабборов Т.К.</i>	99
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ROBOTIC PROCESS AUTOMATION В СИСТЕМЕ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ ВЫСШЕГО УЧЕБНОГО ЗАВЕДЕНИЯ <i>Кутуков Н.Ю.</i>	102
АВТОМАТИЗАЦИЯ ОБРАБОТКИ БАНКОВСКИХ ДОКУМЕНТОВ ПО ВОЗВРАЩЕННЫМ ДЕНЕЖНЫМ СРЕДСТВАМ ФИЗИЧЕСКИМ ЛИЦАМ В ПАО «МТС-Банк» г. ТОМСКА <i>Исакова А.И., Верповский С.В.</i>	104
ОЦЕНКА ИНФОРМАТИВНОСТИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АДАПТАЦИИ СТУДЕНТОВ К ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ <i>Фисоченко О.Н.</i>	106

Секция 3. ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ.....	110
СИСТЕМА (МОДЕЛЬ) УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ТРУДА В ВУЗЕ <i>Родионов П.В., Столярова А.А., Крупин М.Н.</i>	111
РАЗРАБОТКА СИСТЕМ РАННЕГО ОБНАРУЖЕНИЯ И ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ПОЖАРОВ НА ШАХТАХ, РАЗРЕЗАХ И ОТВАЛАХ УГОЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ <i>Луговцова Н.Ю.</i>	114
АНАЛИЗ ПРИЧИН АВАРИЙ НА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЯХ <i>Мальчик А.Г., Бутусова В.К.</i>	117
ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА <i>Лапин А.В., Ларичкин В.В., Горбунов Ф.К.</i>	119
О ПРОВЕДЕНИИ ОЦЕНКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ <i>Деменкова Л.Г.</i>	122
АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ ОЧИСТКИ ГАЗОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ФЕРРОСИЛИЦИЯ <i>Теслева Е.П., Красова А.В.</i>	126
СОРБЦИОННАЯ ОЧИСТКА ВОДНЫХ СРЕД, СОДЕРЖАЩИХ ИОНЫ Cd^{2+} И Pb^{2+} <i>Максимов П.Н., Калинина Н.А., Мартемьянов Д.В.</i>	128
ИЗУЧЕНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПРИРОДНОГО ЦЕОЛИТА СОКИРНИЦКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ <i>Максимов П.Н., Рудмин М.А., Мартемьянов Д.В.</i>	131
ИЗМЕНЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД ТОМСКОГО РАЙОНА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВРЕМЕНИ ГОДА <i>Калинина Н.А., Чан Т.Х., Мартемьянов Д.В.</i>	133
ОЧИСТКА ВОДЫ ОТ ИОНОВ $As(III)$ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МОДИФИЦИРОВАННОГО СОРБЕНТА <i>Калинина Н.А., Чан Т.Х., Казанцев С.О.</i>	135
ОЦЕНКА РИСКА АВАРИЙНОЙ СИТУАЦИИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ГАЗОСВАРОЧНЫХ РАБОТ <i>Амелькович Ю.А., Караулова К.Р.</i>	137
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ ИЗ ВОДНОГО РАСТВОРА ИОНОВ ФТОРА <i>Максимов П.Н., Казанцев С.О., Чан Т.Х.</i>	139
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ОБРАБОТКИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НАТУРАЛЬНЫХ ВОЛОКОН <i>Умурзакова Г.Р., Хамракулова Х.А., Ахрамова Г.</i>	141
РАСТИТЕЛЬНЫЙ ПОКРОВ ОТВАЛЬНО-КАРЬЕРНОГО ЛАНДШАФТА КАРАКАНСКОГО ХРЕБТА <i>Роткина Е.Б., Ракина М.С.</i>	143
ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИКИ ФИЛЬТРА В БАРБОТАЖНОМ ЭКСТРАКТОРЕ МАШИНОСТРОЕНИЯ <i>Усмонов Ш.Ю., Жобборов Б.Т.</i>	146
РАЗРАБОТКА ОПТИМАЛЬНОГО МЕТОДА ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ КОМПЕНСАЦИИ ЁМКОСТНЫХ ТОКОВ ЗАМЫКАНИЯ НА ЗЕМЛЮ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ЗАВОДОВ <i>Жабборов Т.К.</i>	148
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ПЛАСТОВОЙ ВОДЫ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ <i>Торосян В.Ф.</i>	151
АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ АВТОРОВ	155

Секция 1

**Технологии получения и обработки
материалов в машиностроении**

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ МИКРОТВЕРДОСТИ ПОКРЫТИЯ ПРИ ЛАЗЕРНОЙ НАПЛАВКЕ С ПОПЕРЕЧНЫМ СКАНИРОВАНИЕМ

*О.Г. Девойно, д.т.н., проф., Н.И. Луцко^а, науч. сотр., Л.И. Пилецкая, науч. сотр.
Белорусский национальный технический университет
220013, Республика Беларусь, г. Минск, пр. Независимости, 65
E-mail: ^аnilucko@tut.by*

Аннотация: В статье показано равномерное распределение микротвердости в поперечном сечении наплавленного лазером покрытия из сплава ПГ-12Н-01. Описаны результаты исследований по влиянию режимов лазерной наплавки с поперечным сканированием на микротвердость покрытия. Установлен немонотонный характер влияния скорости наплавки на величину микротвердости. Также показано уменьшение микротвердости при увеличении шага наплавки валиков.

Ключевые слова: лазерная наплавка, поперечное сканирование, микротвердость, режимы наплавки.

Abstract: The article shows the uniform distribution of microhardness in the cross section of a laser-clad coating made of PG-12N-01 alloy. The results of studies on the influence of laser cladding modes with transverse scanning on the microhardness of the coating are described. The non-monotonic nature of the influence of the deposition speed on the microhardness value has been established. A decrease in microhardness with increasing track deposition step is also shown.

Keywords: laser cladding, transverse scanning, microhardness, cladding modes.

Необходимость использования поперечного сканирования при лазерной наплавке возникла вслед за появлением мощных волоконных и диодных лазеров. В связи с высокой, до нескольких десятков киловатт, мощностью и высоким коэффициентом поглощения излучения этих лазеров металлами, возникла проблема, когда простая расфокусировка излучения не позволяла добиться приемлемых плотностей мощности, допускающих технологическое применение такого типа лазеров. Решить возникшие проблемы помогли системы программно управляемого сканирования. За счет сканирования лазерного пятна поперек направления наплавки и возможности создавать при сканировании на поверхности детали пятна сканирования необходимой формы и размеров, удалось получить плотности мощности, предотвращающие изменение свойств обрабатываемой поверхности или ее разрушение. Одновременно была также решена проблема повышения производительности лазерной наплавки [1–4].

Поскольку представлялось интересным проследить изменение микротвердости однослойных покрытий из самофлюсующегося сплава на основе никеля ПГ-12Н-01 при различных режимах лазерной наплавки, были проведены описанные ниже исследования.

При наплавке использовался боковой способ подачи порошка сплава ПГ-12Н-01, порошок при помощи дискового питателя подавался впереди пятна сканирования на поверхности образца. При наплавке применялось специальное щелевое сопло с водяным охлаждением. В качестве источника излучения использовался волоконный лазер типа YLR-1 мощностью 1000 Вт. Наплавка осуществлялась при помощи координатного стола с системой числового программного управления, обеспечивавшего необходимые перемещения наплавочной головки и оптической системы программируемого 2D-сканера фирмы «Ситела» относительно наплавлявшегося образца. Образцы для нанесения покрытий изготавливались из стали 45 и имели размеры 40×70×10 мм. Наносились однослойные покрытия с последовательным наложением валиков с шагами наплавки 2, 3 и 4 мм и скоростями наплавки 80, 110 и 140 мм/мин. Площади пятна сканирования составляли 4×0,1 мм и 4×0,5 мм.

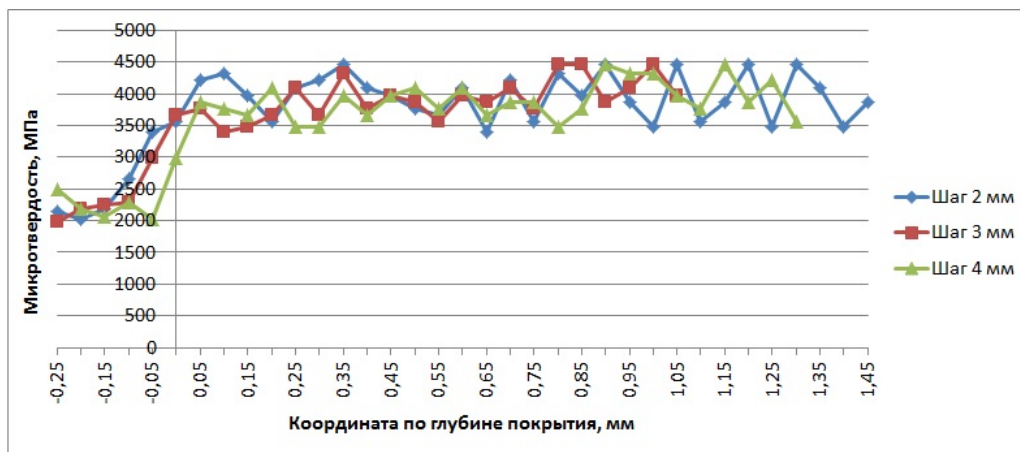
Исследования микротвердости проводились на поперечных шлифах покрытий. Микротвердость измерялась по глубине покрытий и по их ширине параллельно основе при помощи микротвердомера ПМТ-3 при нагрузке 100 г.

На рис. 1 приведены графики распределения микротвердости по глубине и ширине однослойного покрытия, нанесенного при скорости наплавки 80 мм/мин, шагах наплавки 2, 3 и 4 мм и площади пятна сканирования 4×0,5 мм.

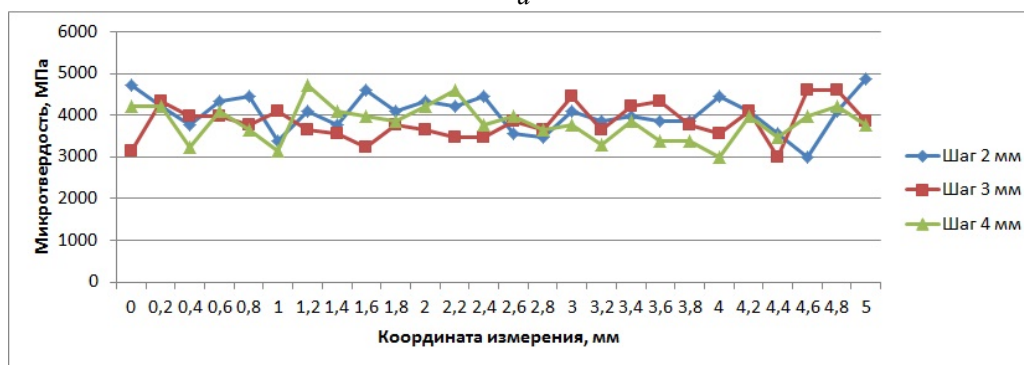
По глубине покрытия из сплава ПГ-12Н-01 микротвердость распределена равномерно, без значительных колебаний (рис. 1, а), что говорит о хорошем перемешивании и равномерном прогреве материала покрытия по глубине слоя. Переходная зона между покрытием и основой имеет небольшую величину, перепад микротвердости составляет 1500–2000 МПа, имеет место металлургическая связь покрытия с основой.

По ширине покрытия в направлении параллельно основе (рис. 1, б) также имеет место равномерное распределение микротвердости. Величины микротвердости по глубине и ширине покрытия практически идентичны.

Таким образом, имеет место хорошее перемешивание и равномерный прогрев материала покрытия по всему поперечному сечению. Графики изменения микротвердости для других скоростей наплавки имеют аналогичный вид и поэтому не приводятся.



а



б

Рис. 1. Распределение микротвердости по глубине – а и ширине – б покрытия из сплава ПГ-12Н-01 (скорость наплавки 80 мм/мин, площадь пятна сканирования 4×0,5 мм, мощность излучения 1000 Вт)

Оценка влияния режимов лазерной наплавки на микротвердость однослойных покрытий из сплава ПГ-12Н-01 производилась путем определения средней микротвердости для каждого режима наплавки, что позволило построить графики зависимости микротвердости от скорости наплавки и шага наплавки валиков, показанные на рис. 2 и 3.

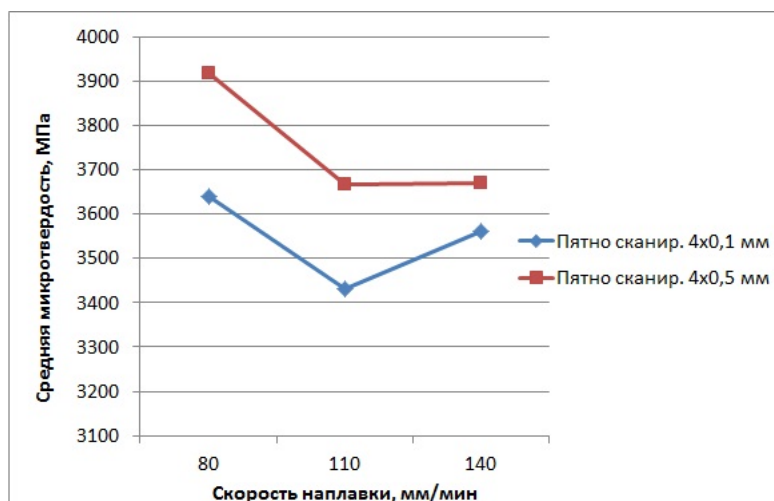


Рис. 2. Зависимости средней микротвердости однослойного покрытия от скорости наплавки при мощности излучения 1000 Вт

Из рис. 2 видно, что скорость наплавки оказывает немонокотное влияние на среднюю микротвердость покрытия из сплава ПГ-12Н-01. При увеличении скорости наплавки до 110 мм/мин, микротвердость покрытия

уменьшается. Однако, увеличение скорости наплавки до 140 мм/мин вызывает рост микротвердости покрытия. На первом участке уменьшение микротвердости связано с уменьшением поступления энергии в покрытие и ухудшением сцепления материала покрытия по границам зерен. На втором участке рост микротвердости обусловлен измельчением зеренной структуры покрытия при увеличении скорости наплавки.

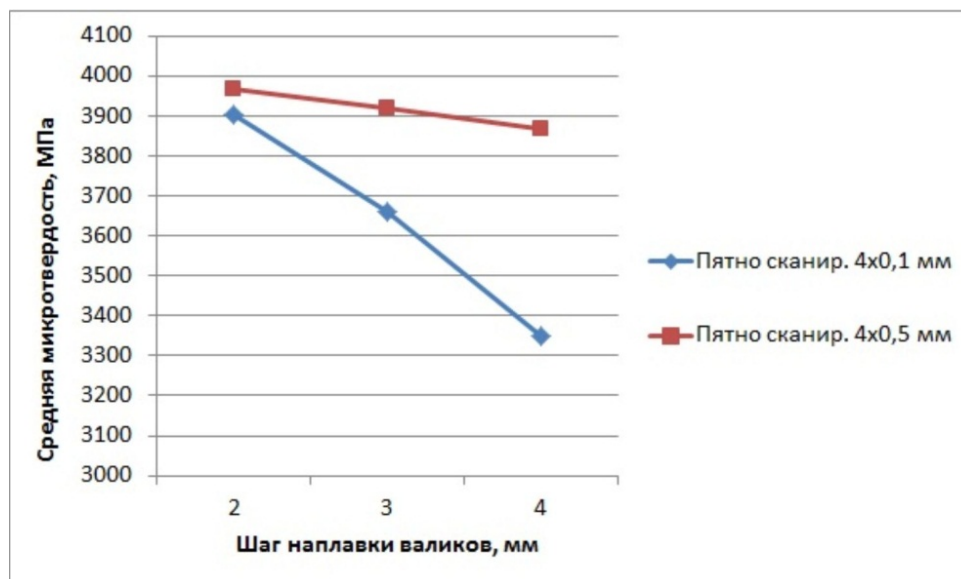


Рис. 3. Зависимости средней микротвердости однослойного покрытия от шага наплавки валиков при мощности излучения 1000 Вт

Рост шага наплавки валиков (рис. 3) вызывает уменьшение микротвердости покрытия из сплава ПГ-12Н-01. При небольшом шаге наплавки валиков микротвердость покрытия высокая, что связано с частыми повторными нагревами при наплавке соседних валиков, когда большое поступление энергии способствует образованию плотного покрытия с высокой микротвердостью. При увеличении шага наплавки валиков, повторные нагревы наблюдаются реже, уменьшается поступление энергии в покрытие и ухудшается сплавление материала покрытия по границам зерен, способствующее уменьшению микротвердости.

Рис. 2 и 3 показывают также, что микротвердость покрытия из сплава ПГ-12Н-01 имеет большую величину при большем значении площади пятна сканирования, что связано с увеличением скорости охлаждения материала покрытия.

Результаты проведенных исследований наглядно показывают достаточно сильное влияние режимов лазерной наплавки с поперечным сканированием на микротвердость покрытий из сплава ПГ-12Н-01. Полученные данные позволят назначать оптимальные режимы лазерной наплавки при разработке технологии наплавки конкретных деталей.

Список использованных источников:

1. Palmer T.A. Implementation of Laser Cladding for Virginia Class Submarine Main Propulsion Shaft Repair / T.A. Palmer // In book: commercial Technologies for Maintenance Activities CTMA 2010 Symposium, Quantico, 2010: proceedings. Quantico : Pensilvania State University, 2010. – P. 22–24.
2. Laser Institute of America, LIA Handbook of Laser Material Processing/ Edited by J.F. Ready. – Orlando : Magnolia Publishing Inc., 2001. – 715 p.
3. Kim K. Laser scanner stage on-the-fly method for ultra-fast and wide area fabrication / K. Kim, K. Yoon, J. Suh, J. Lee // In book: sixth International WLT Conference on Lasers in Manufacturing, Munich, 2011: proceedings. Munich : International Congress Centre, 2011. – P. 455–461.
4. Ready J.F. Industrial Application of Lasers / J.F. Ready. – London : Academic Press, 1997. – 597 p.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ КОЛЕСНОГО ТРАНСПОРТНОГО УСТРОЙСТВА МАГНИТНОГО ТИПА

С.И. Корягин, д.т.н., проф., О.В. Шарков^а, д.т.н., проф., Н.Л. Великанов, д.т.н., проф.

¹Балтийский федеральный университет им. И. Канта

236014, г. Калининград, ул. А. Невского, 14

E-mail: ^аosharkov@kantiana.ru

Аннотация: Колесные устройства магнитного типа позволяют перемещать грузы по ферромагнитным поверхностям различного типа, включая наклонные под различными углами к горизонту. При составлении расчетных схем необходимо учитывать возможные неровности поверхности, выступы, шероховатости. Это обуславливает введение обоснованного коэффициента запаса. Эффективность работы магнитов определяется коэффициентом добротности. Представленная методика расчета параметров грузовых устройств позволяет наиболее рационально выбрать грузоподъемность.

Ключевые слова: добротность электромагнита, масса полезного груза, коэффициент запаса.

Abstract: Magnetic wheeled devices allow moving loads on ferromagnetic surfaces of various types, including those inclined at various angles to the horizon. When drawing up calculation schemes, it is necessary to take into account possible surface irregularities, protrusions, and roughness. This leads to the introduction of a reasonable margin factor. The efficiency of magnets is determined by the quality factor. The presented methodology for calculating the parameters of cargo devices allows you to choose the load capacity most efficiently.

Ключевые слова: quality factor of the electromagnet, mass of the payload, margin factor.

При ремонте и техническом обслуживании инженерных конструкций, изготовленных из ферромагнитных материалов, для транспортировки различных рабочих инструментов, находят применение транспортные устройства магнитного типа на колесной базе [1–4].

Транспортные устройства в зависимости от типа магнитного элемента, обеспечивающего нагрузку от ведущих колес на опорную поверхность, можно классифицировать на устройства с постоянными магнитами и электромагнитами, комбинированными магнитами.

Применение электромагнитов является наиболее удобным, так как с их помощью можно создать практически любые силы притяжения, однако протекающий через них ток вызывает выделение тепла. Поэтому электромагниты, имеющие небольшую массу при относительно большой развиваемой силе притяжения, требуют не только электроснабжения, но и систем охлаждения [5–6].

При проектировании таких транспортных устройств важным является правильное определение величины силы притяжения, развиваемой электромагнитом, с учетом конструктивных характеристик устройств.

На рис. 1 представлена расчетная схема транспортного устройства магнитного типа, перемещающегося с помощью колесной базы по ферромагнитной поверхности.

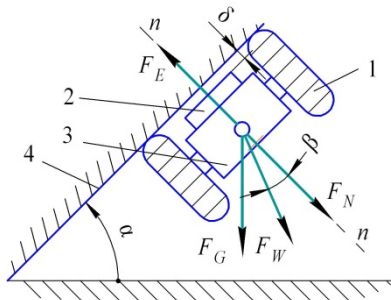


Рис. 1. Силовая схема транспортного устройства:

1 – колесная база; 2 – электромагнит; 3 – транспортная платформа; 4 – ферромагнитная поверхность

При движении транспортного устройства по ферромагнитной поверхности на него действуют две группы сил. Первая группа – сила со стороны рабочих инструментов, закрепленных на платформе устройства F_W , сила тяжести устройства F_G и реакция со стороны ферромагнитной поверхности F_N . Эти силы стремятся оторвать транспортное устройство от ферромагнитной поверхности. Вторая группа – сила притяжения, развиваемая электромагнитом F_E , которая удерживает транспортное устройство на поверхности перемещения.

Кроме сил на условия перемещения транспортного устройства влияют угол наклона ферромагнитной поверхности α и угол, определяющий направление действия реакции со стороны рабочих инструментов к нормали ферромагнитной поверхности β .

В работе [7] получено неравенство для определения необходимой величины силы притяжения:

$$F_E \geq K_\alpha (F_G / \psi) + K_\beta (F_W / \psi), \quad (1)$$

где K_α – коэффициент, учитывающий влияние угла α ;

K_β – коэффициент, учитывающий влияние угла β .

Неравенство (1) получено при допущении, что транспортное устройство перемещается по гладкой ферромагнитной поверхности. В реальных условиях ферромагнитная поверхность может иметь неровности высотой h , вызванные конструктивными факторами (головка болта или заклепки, сварной шов, накладной лист), а также загрязнением.

Таким образом, при расчете силы притяжения необходимо в неравенство (1) ввести коэффициент запаса K_h , учитывающий запас силы притяжения на высоту преодолеваемых неровностей:

$$F_E \geq K_\alpha K_h (F_G / \psi) + K_\beta K_h (F_W / \psi). \quad (2)$$

Силу притяжения, развиваемую электромагнитом, F_E можно выразить через добротность q и силу тяжести электромагнита F_{EG} :

$$F_E = q F_{EG}. \quad (3)$$

На рис. 2 представлена зависимость добротности электромагнита броневых типа от рабочего зазора δ . Из рисунка видно, что электромагнит такого типа можно использовать для транспортных устройств при рабочих зазорах до 12...15 мм.

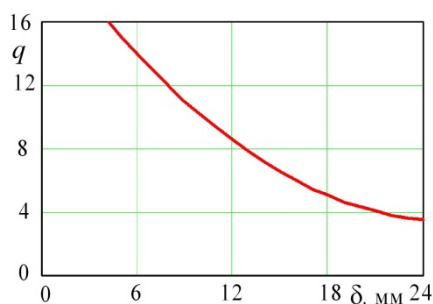


Рис. 2. Влияние величины зазора на показатель добротности электромагнита

Тогда выражение (2) с учетом выражения (3) и перехода к неравенству предстанет в виде:

$$F'_{EG} = F_{EG} / F_E = 1 / (q\psi) (K_\alpha K_h + K_\beta K_h (F_W / \psi)), \quad (4)$$

где $F'_{EG} = F_{EG} / F_E$ – относительная сила тяжести электромагнита.

Аналогично, относительная масса электромагнита:

$$m'_{EG} = m_E / m_G = 1 / (q\psi) (K_\alpha K_h + K_\beta K_h (F_W / (m_C g))), \quad (5)$$

где $m_E = F_{EG} / g$ – масса электромагнита;

$m_G = F_G / g$ – масса транспортного устройства;

g – ускорение свободного падения.

Из выражения (5) вытекает, что при конкретных значениях коэффициента сцепления ψ и добротности электромагнита q относительная масса электромагнита имеет вполне конкретное значение.

Масса транспортного устройства складывается из массы электромагнита m_E , массы привода m_D , массы платформы m_P , массы питающих шлангов и кабелей m_H , массы полезного груза m_C :

$$m_G = m_E + m_D + m_P + m_H + m_C,$$

или в относительных величинах:

$$m'_E + m'_D + m'_P + m'_H + m'_C = 1. \quad (6)$$

Тогда масса полезного перевозимого груза:

$$m'_C = 1 - 1/(q\psi)(K_h K_\alpha + K_h K_\beta (F_W/mg)) - (m'_D + m'_P + m'_H). \quad (7)$$

Для получения максимальной массы полезного груза необходимо, чтобы масса остальных частей транспортного устройства была сведена к минимуму. Масса платформы транспортного устройства определяется жесткостью конструкции, которая рассчитывается для максимальных нагрузок, возникающих при самых тяжелых условиях эксплуатации транспортного устройства.

Платформа должна изготавливаться из легких и прочных материалов – дюралюминия, сплавов АМг и др. Масса шлангов и кабелей определяется их сечениями и длиной. Причем сечение кабеля, питающего электромагнита, является доминирующим, так как последние потребляют из сети значительную мощность при низком значении напряжения питания (24 В), диктуемого правилами техники безопасности. Сечение шлангов определяется их прочностью и эффективностью охлаждения электромагнитов.

Масса полезного груза и реакции со стороны рабочих инструментов обычно уже определены из технологических целей назначения транспортного устройства.

Масса привода транспортного устройства определяется его массой и скоростью технологического процесса.

При проектировании транспортных устройств колесного типа необходимо придерживаться следующих значений удельных масс их отдельных узлов: $m'_P = 0,15$; $m'_H(20м) = 0,07$; $m'_D = 0,16$; $m'_E = 0,24$; $m'_C = 0,38$.

При этом рабочий зазор между электромагнитом и ферромагнитной поверхностью составляет $\delta = 10$ мм. При уменьшении рабочего зазора удельная масса полезного груза увеличивается.

Если известна масса полезного груза m_C реакция со стороны рабочих инструментов F_W , коэффициент сцепления ψ и высота преодолеваемых неровностей h , то расчет характеристик транспортного устройства ведется в следующей последовательности.

1. По графику зависимости добротности электромагнита от рабочего зазора определяется значение добротности. При этом зазор выбирается по высоте преодолеваемых неровностей с учетом толщины немагнитного слоя (краска, окалина, обрастания и т. п.), покрывающего опорную поверхность.

2. Предварительно задается удельная масса полезного груза.

3. Определяется масса транспортного устройства.

4. Определяется сила притяжения, развиваемая электромагнитами, и их масса.

5. Определяется масса остальных узлов транспортного устройства.

6. Уточняется масса транспортного устройства.

7. По рассчитанной массе привода определяется максимальная скорость транспортного устройства.

Если скорость транспортного устройства задана, то масса привода predetermined. Поэтому ограничена величина удельной массы полезного груза.

В этом случае соотношение между удельными массами полезного груза и привода нужно выбирать исходя из экономических соображений и возможностей технической реализации. При этом увеличение скорости транспортного устройства влечет за собой снижение массы полезного груза и наоборот.

Если условия работы транспортного устройства не заданы (например, не задана высота преодолеваемых неровностей), то рекомендуется производить расчет для ряда значений удельной массы полезного груза. При этом последней из определяемых величин является высота преодолеваемых неровностей.

Результаты расчета представляются в форме таблицы.

Результаты расчетов

m'_C	m_G	F_E	m_P	m_D	m_H	m_E	q	h , мм
0,1								
0,2								
0,3								

Предложенные в работе расчетные зависимости и последовательность их применения описывают методику расчета характеристик колесных транспортных устройств магнитного типа из условия получения наибольшей массы перевозимого полезного груза. Полученные результаты могут быть использованы при проектировании транспортных устройств такого типа.

Список использованных источников:

1. Сырых Н.В. Роботы вертикального перемещения с контактными устройствами на основе постоянных магнитов: конструкции и принципы управления контактными устройствами / Н.В. Сырых, В.Г. Чашухин // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2019. – № 5. – С. 163–173.
2. Градецкий В.Г. Состояние и перспективы развития роботов вертикального перемещения для экстремальных сред / В.Г. Градецкий, М.М. Князьков // Робототехника и техническая кибернетика. – 2014. – № 1 (2). – С. 9–16.
3. Корягин С.И. Оценка технического состояния корпусов судов с использованием мобильных устройств магнитного типа / С.И. Корягин, Н.Л. Великанов, О.В. Шарков // Морские интеллектуальные технологии. – 2021. – № 4 (54). – Т. 1. – С. 54–58.
4. Magnetic field analysis and structure design of a new magnetic wheel for wall-climbing robot / S. Gao, R. Hou, J. Li [and etc.] // Applied Sciences (Switzerland). – 2022. – Vol. 12 (3). – 1226.
5. Калугин С.П. К вопросу о предельно достижимых характеристиках силовых электромагнитов / С.П. Калугин, В.Н. Балабин // Прикладная физика. – 2005. – № 5. – С. 130–136.
6. Нейман В.Ю. Расчёт показателя экономичности силового электромагнита постоянного тока с помощью моделирования магнитного поля / В.Ю. Нейман, Л.А. Нейман, А.А. Петрова // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. – 2008. – № 6. – С. 21–24.
7. Koryagin S.I. Investigation of the conditions of movement of magnetic transport devices on ferromagnetic surfaces of various orientations / S.I. Koryagin, O.V. Sharkov, N.L. Velikanov // E3S Web of Conferences. – 2024. – Vol. 471. – 04004.

СТРУКТУРА И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ZrCN

С.В. Матренин, к.т.н., доц., Е.Д. Кузьменко^а, студ.

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: kuzmenko70egor@yandex.ru*

Аннотация: Приведены результаты исследования структуры и физико-механических свойств керамики на основе ZrCN. В ходе работы был произведен анализ микрофотографий поверхности образцов, полученных при помощи растровой электронной микроскопии. Были определены значения физико-механических свойств исследуемых образцов, такие как твердость, пористость, критический коэффициент интенсивности напряжений.

Ключевые слова: керамика, физико-механические свойства, структура.

Abstract: The results of a study of the structure and physical and mechanical properties of ceramics based on ZrCN are presented. During the work, micrographs of the surface of samples obtained using scanning electron microscopy were analyzed. The values of the physical and mechanical properties of the studied samples, such as hardness, porosity, and critical stress intensity factor, were determined.

Keywords: ceramics, physical and mechanical properties, structure.

Для работы экстремальных условиях подходят соединения металлов переходных групп с азотом и углеродом – карбиды и нитриды. Среди данных материалов выделяется керамика на основе карбида и нитрида циркония, отличающаяся рядом перспективных свойств, таких как значительные показатели твердости, высокие температуры плавления и стойкость к агрессивным химическим средам [1].

В проведенной работе были исследованы керамики на основе карбида и нитрида циркония следующих составов: 80 мас. % ZrC – 20 мас. % ZrN, 50 мас. % ZrC – 50 мас. % ZrN, 20 мас. % ZrC – 80 мас. % ZrN. Подготовленные навески керамических порошков были спечены методом горячего прессования, при температуре 2000 °С, давлении 30 МПа, времени выдержки при заданной температуре 15 минут. Целью работы являлось исследование структуры и физико-механических свойств исследуемых образцов.

После проведения спекания поверхности образцов были подготовлены при помощи шлифования и полирования на алмазных пастах. С подготовленной поверхности образцов были получены микрофотографии при помощи растровой электронной микроскопией в композиционном и топографическом режимах, рисунок 1.

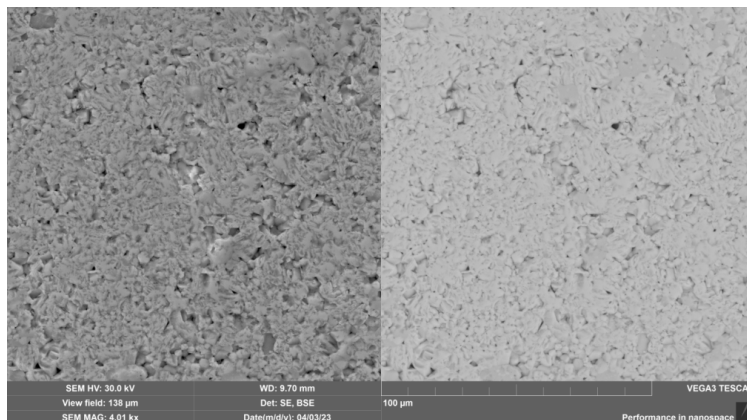


Рис. 1. Микрофотография поверхности образца состава 80 мас. % ZrC – 20 мас. % ZrN

В ходе работы были определены механические свойства исследуемых образцов на приборе NanoIndenter G200. При работе на данном приборе были построены кривые нагружения для исследуемых образцов, рисунок 2.

На приборе ПИМТ-3 были определены твердости исследуемых образцов. Было установлено, что для образца состава 50 мас. % ZrC – 50 мас. % ZrN наблюдается снижение твердости относительно остальных образцов, таблица 1.

Таблица 1

Твердость по Виккерсу исследуемых образцов

Состав	HV
80 мас. % ZrC – 20 мас. % ZrN	2178
50 мас. % ZrC – 50 мас. % ZrN	1953
20 мас. % ZrC – 80 мас. % ZrN	2284

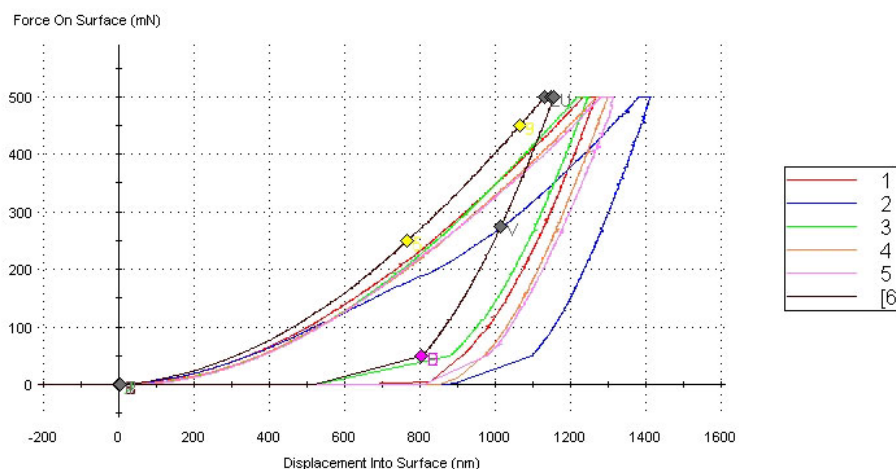


Рис. 2. Кривые нагружения образца состава 20 мас. % ZrC – 80 мас. % ZrN

Также с использованием прибора ПМТ-3 были определены критические коэффициенты интенсивности напряжений для керамик исследуемых составов, таблица 2.

Таблица 2

Критические коэффициенты интенсивности напряжений исследуемых образцов

Состав	K_{IC} , МПа·м ^{1/2}
80 мас. % ZrC – 20 мас. % ZrN	4,93
50 мас. % ZrC – 50 мас. % ZrN	8,65
20 мас. % ZrC – 80 мас. % ZrN	5,72

Было установлено, что для образца состава 50 мас. % ZrC – 50 мас. % ZrN для которого наблюдалось снижение твердости значительно увеличивается показатель трещиностойкости, что хорошо коррелирует с литературными данными [2].

В ходе работы были определены пористости исследуемых образцов с применением правила аддитивности. Было установлено, что с увеличением содержания нитрида циркония в исследуемых образцах пористость снижается, рисунок 3.

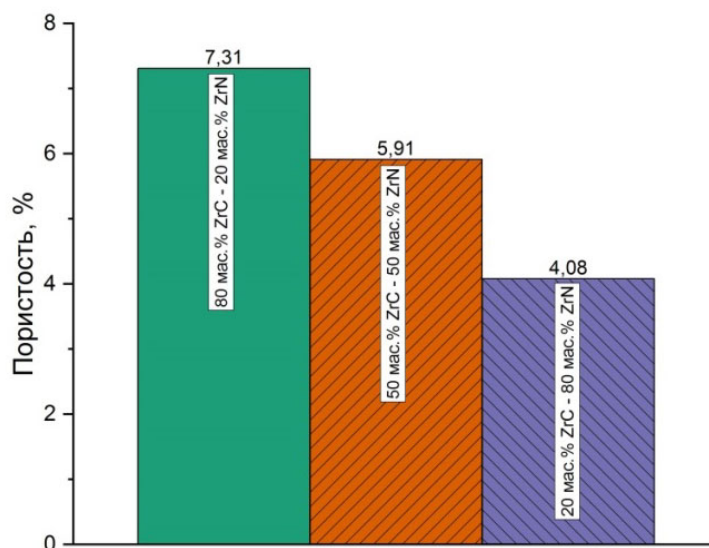


Рис. 3. Пористость исследуемых образцов, %

Снижение пористости образцов с увеличением содержания нитрида циркония связано с меньшей температурой плавления нитрида циркония по сравнению с карбидом циркония [3].

В ходе работы установлены значения твердостей и критических коэффициентов интенсивностей напряжений, определена зависимость пористости исследуемых образцов от содержания нитрида циркония. Выполнена анализ структуры материалов с использованием РЭМ микрофотографий.

Список использованных источников:

1. Harrison R.W. Processing and properties of ZrC, ZrN and ZrCN ceramics: a review / R.W. Harrison, W.E. Lee // *Advances in Applied Ceramics*. – 2016. – Vol. 115. – № 5. – P. 294–307.
2. Wang X.G. Densification behavior and properties of hot-pressed ZrC ceramics with Zr and graphite additives / X.G. Wang // *Journal of the European Ceramic Society*. – 2011. – Vol. 31. – № 6. – P. 1103–1111.
3. Lengauer W. Transition metal carbides, nitrides, and carbonitrides / W. Lengauer. – Weinheim : Wiley-VCH Verlag GmbH, 2008. – P. 202–252.

ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОРОШКА ТИТАНА ПОСЛЕ ОБРАБОТКИ В ПЛАНЕТАРНОЙ ШАРОВОЙ МЕЛЬНИЦЕ

А.В. Собачкин^{1,а}, к.т.н., доц., А.Ю. Мясников^{1,2}, зав. лабораторией, А.А. Розный¹, инж.-исслед.

¹Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова

656038, г. Барнаул, пр. Ленина, 46

²Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН

630128, г. Новосибирск, ул. Кутателадзе, 18

E-mail: ^а anicpt@rambler.ru

Аннотация: В работе исследовались факторы, влияющие на процесс измельчения порошка титана с помощью шаровой мельницы «Активатор 2SL». Для каждой измельчённой порции порошка Ti проводился гранулометрический анализ. Результаты работы показывают, что поверхностно активные вещества снижают способность материала к холодной сварке, влияя на размер получаемого порошка. Частота вращения диска установки изменяет общий баланс процессов разрушения и агломерации порошка. Время обработки немонотонно влияет на процесс: до 10 мин. происходит преимущественное измельчение порошка, после чего т агломерационные процессы усиливаются.

Ключевые слова: измельчение, механическая обработка, планетарная мельница, гранулометрический анализ.

Abstract: The work investigated the factors influencing the process of grinding titanium powder using a ball mill «Activator 2SL». Granulometric analysis was performed for each crushed portion of Ti powder. The results of the work show that surfactants reduce the ability of the material to cold welding, affecting the size of the resulting powder. The rotation frequency of the installation disc changes the overall balance of the processes of destruction and agglomeration of the powder. The processing time has a non-monotonous effect on the process: up to 10 minutes. there is a predominant grinding of the powder, after which the agglomeration processes are intensified.

Keyword: grinding, mechanical processing, planetary mill, granulometric analysis

Введение

Механическая активация (МА) применяется для повышения реакционной способности порошков, получения композитов наноразмерного уровня [1, 2]. К преимуществам МА также можно отнести увеличение свободной поверхности за счет нарушения сплошности материала, возникновение точечных и линейных дефектов, появление остаточных упругих и пластических деформаций, что повышает реакционную способность материала [3]. Порошки после МА характеризуются повышенным запасом свободной энергии.

В процессе механической активации в шаровых мельницах основными способами воздействия на порошок при его измельчении являются удар и истирание [4]. Подобные процессы приводят как к образованию частиц агломератов за счёт холодной сварки, так и к их дефрагментации. При обработке порошков в барабанных мельницах преимущественный механизм воздействия определяется соотношением частоты вращения планетарного диска к частоте вращения барабанов [5]. При соотношении частот 1:1,5 (для установки «Активатор-2SL») реализуется режим скольжения, в котором основным механизмом помола является истирание. Режим характеризуется движением порошка, при котором порошок вместе с мелющими шарами движется вдоль стенки барабана против направления его вращения. Помимо этого, существуют ещё параметры, изменение которых влияет на процесс МА.

К ним относятся масса и размер мелющих тел, атмосфера и давление в барабанах, время измельчения, использование поверхностно активных веществ (ПАВ), частота вращения планетарного диска.

Целью исследования является экспериментальное установление совместного влияния параметров на процесс измельчения титанового порошка, а также возможности получения активированного порошка с необходимым фракционным составом.

Объекты и методы исследований

Для исследования процесса измельчения был взят порошок титана марки ПТК-1. Механическое измельчение производилась в шаровой мельнице планетарного типа «Активатор-2SL» с двумя размольными цилиндрическими стаканами. Масса порошка, загружаемого в один цилиндр, составляла 20 г, масса мелющих шаров 400 г. После загрузки порошков барабаны заполнялись аргоном для предотвращения окисления и герметично закрывались. В барабаны добавлялся этиловый спирт, как поверхностно активное вещество, уменьшающее налипание частиц на стенки помольного стакана и шары. По окончании работы установки обработанные порошки изымались из помольных стаканов в специальные ёмкости. Продолжительность процессов измельчения, количество добавляемого спирта, частота вращения центрального диска варьировались для установления их влияния на процесс измельчения. Гранулометрический анализ полученных после измельчения порошков проводился с помощью лабораторных сит.

Для гранулометрического анализа использовались четыре лабораторных сита с номинальным размером ячеек 63 мкм, 160 мкм, 200 мкм и 315 мкм. По результатам анализа строились гистограммы распределения по размерам на 5 интервалах.

Результаты и обсуждение

В таблице 1 показан гранулометрический состав порошка ПТК-1 в состоянии поставки. Измельчение проводилась для ПТК-1 и ПТК-1, предварительно просеянного до размера частиц больше 200 мкм (рисунок 1).

Таблица 1

Гранулометрический состав порошка ПТК-1

Массовая доля, %	свыше 315 мкм	от 200 мкм до 315 мкм	от 160 мкм до 200 мкм	от 63 мкм до 160 мкм	до 63 мкм
	59,763	37,500	0,650	0,938	0,888

Фракционный состав порошков ПТК-1 и ПТК-1 с размером частиц больше 200 мкм отличается после механического воздействия. Так, для образца «ПТК-1 с размером частиц больше 200 мкм» на 3 мин. МА наблюдается увеличение содержания мелкой фракции порошка за счёт уменьшения доли крупных частиц с размером больше 315 мкм. Увеличение времени измельчения до 7 мин ведёт к существенному росту количества мелкодисперсного порошка. Из-за большого содержания мелкодисперсных частиц с размером меньше 63 мкм после измельчения уже на 7 мин. МА дальнейшие исследования проводились для образца «порошок титана ПТК-1 с размером частиц больше 200 мкм».

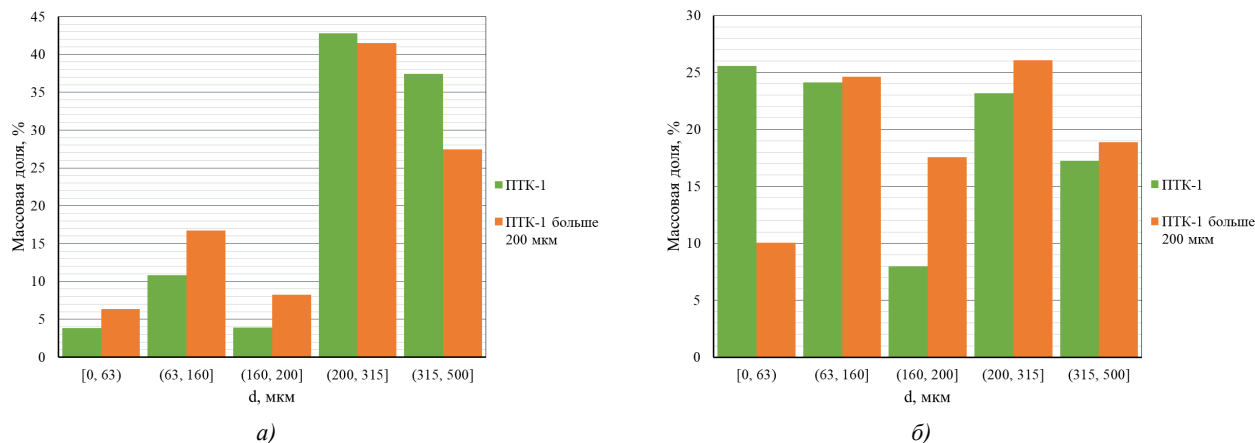


Рис. 1. Гистограмма распределения частиц T_i по размерам:
а) после 3 мин. МА; б) 7 мин. МА

На рисунке 2 показаны результаты исследования влияния ПАВ и частоты вращения центрального диска на процесс измельчения. Добавление этилового спирта вместе с порошком (рисунок 2, а) приводит к лучшему измельчению порошка. Спирт выступает в качестве активного агента, препятствующего агломерации частиц при холодной сварке. С изменением частоты вращения центрального диска с 30 Гц на 40 Гц (рисунок 2, б) увеличивается доля крупных частиц с диапазоном от 160 до 315 мкм, однако доля частиц с размером больше 315 мкм уменьшается. Подобный результат можно объяснить возрастающей ролью агломерационных процессов.

На рисунке 3 представлены гистограммы распределения частиц по размерам для разных времён механической обработки порошка. Частота вращения центрального диска для всех экспериментов 30 Гц, количество спирта 0,316 г, 0,395 г, 0,553 г и 0,553 г соответственно для МА по увеличению времени обработки. С ростом времени МА до 7 мин. наблюдается увеличение количества мелкой фракции порошка при уменьшении крупной. МА 7 мин. характеризуется бимодальным распределением. На данном временном промежутке происходит основной процесс измельчения. При дальнейшем увеличении времени обработки порошка картина меняется. На 10 мин. МА распределение имеет выраженный максимум в интервале размеров от 160 до 200 мкм. Однако на 15 мин. МА максимум распределения смещается в область больших размеров, при этом доля крупной фракции порошка от 315 мкм по-прежнему уменьшается. После 10 мин. МА агломерация частиц становится преобладающей над процессом разрушения.

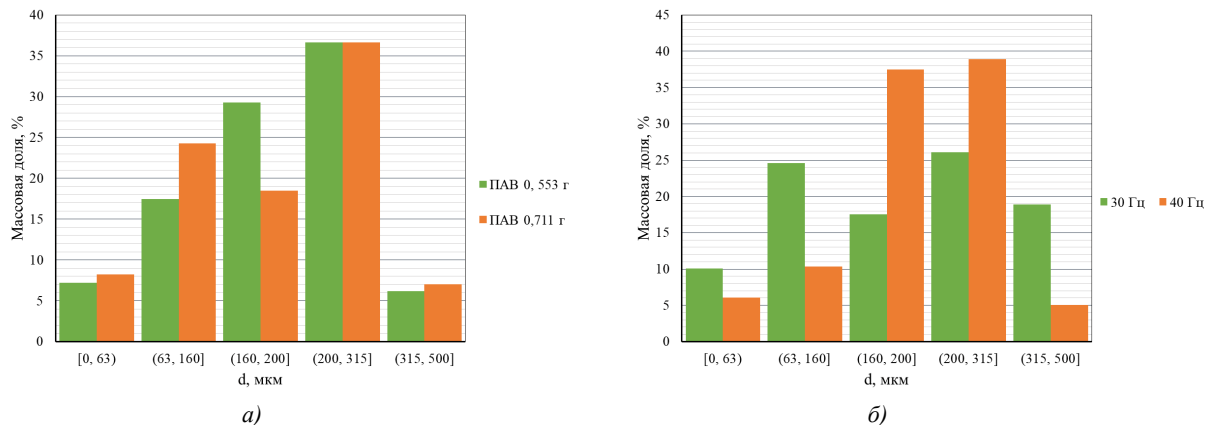


Рис. 2. Гистограммы распределение частиц титана по размерам:
а) после МА в течение 15 мин при разном добавлении ПАВ;
б) после МА в течение 7 мин для разных частот вращения центрального диска

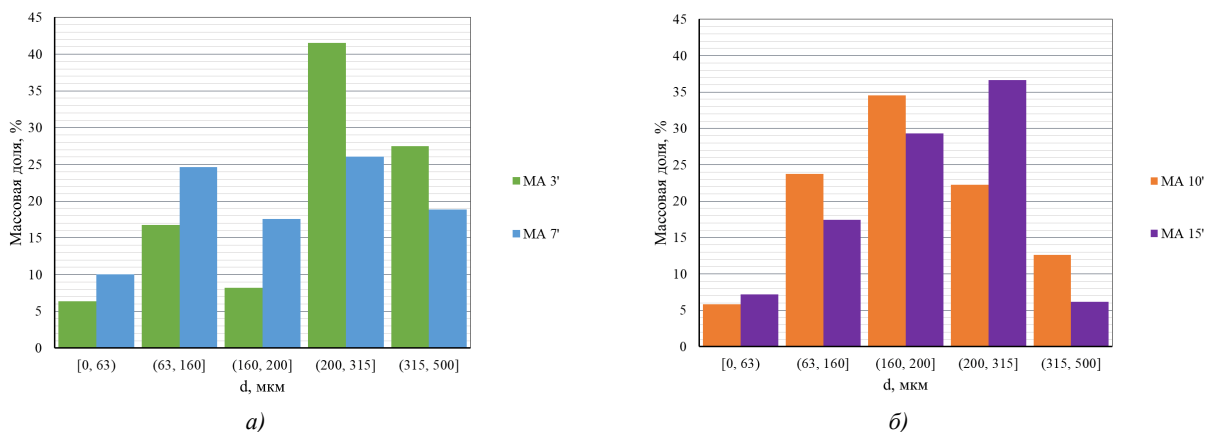


Рис. 3. Гистограммы распределение частиц титана по размерам:
а) после МА в течение 3 и 7 мин; б) после МА в течение 10 и 15 мин

Выводы

Измельчения порошков титана крупной фракции от 200 мкм, полученных при просеивании ПТК-1 в состоянии поставки, ведёт к быстрому росту содержание мелких частиц на 7 мин. МА. Добавление поверхностно активных веществ, как и предполагалось, снижает способность материала к холодной сварке. Данные вещества, выступая в качестве активных агентов, смачивают частицы с образованием тонкой плёнки, тем самым замедляя агломерацию порошка и его налипание на шары и стенки барабанов, влияя на размер получаемого порошка [6]. Частота вращения центрального диска задаёт энергию мелющих тел. Несмотря на то, что с увеличением энергии процесс разрушение частиц ускоряется, что и обусловлено уменьшением содержания крупных частиц с размером больше 315 мкм в измельчённом порошке, процесс холодной сварки также ускоряется, тем самым увеличивая долю частиц в диапазоне от 160 до 315 мкм. Время обработки немонотонно влияет на процесс: на временном промежутке до 10 мин. происходит преимущественное измельчение порошка, после чего происходит усиление агломерационных процессов, приводящие к уменьшению содержания мелкой фракции порошка.

Гранулометрический анализ измельчённых порошков титана позволяет определить режим измельчения с наибольшим выходом необходимой фракции. Для целевой фракции от 160 до 200 мкм соответствует приведённый в работе режим 7 мин. МА с частотой вращения центрального диска 40 Гц, содержанием порошка при этом 37,5 мас. %. Для получения фракции с размером частиц от 63 до 160 мкм возможно использование режима 7 мин. МА при частоте вращения центрального диска 30 Гц с содержанием целевого порошка на выходе 24,6 мас. %.

Работа выполнялась в рамках государственного Задания FZMM-2023-0003.

Список использованных источников:

1. Эволюция структуры порошковой смеси состава Ti + Al в процессе механической активации / В.Ю. Филимонов, М.В. Логинова, А.В. Собачкин [и др.] // *Фундаментальные проблемы современного материаловедения*. – 2023. – Т. 20. – № 3. – С. 338–343.
2. *Механокомпозиты – прекурсоры для создания материалов с новыми свойствами*; ответственный редактор О.И. Ломовский. – Новосибирск, 2010. – 423 с.

3. Suryanarayana C. Mechanical alloying and milling C. Suryanarayana // Progress in materials science. – 2001. – V. 46. – № 1–2. – P. 1–184.
4. Жирнов Е.Н. Активация минералов при измельчении / Е.Н. Жирнов, В.И. Молчанов, О.Г. Селезнева – Москва : Недра, 1988. – 208 с.
5. Жирнов Е.Н. Современные измельчающие аппараты, основанные на принципе планетарного движения, и их классификация / Е.Н. Жирнов // Физико-химические исследования механически активированных минеральных веществ. – 1975. – С. 4–12.
6. Оптимизация методики высокоэнергетического измельчения порошковых смесей системы Ti-Al-Nb в присутствии стеариновой кислоты и толуола / Е.А. Кожухметов, Н.М. Мухамедова А.Ж. Миниязов, А.С. Уркунбай // Вестник НЯЦ РК. – 2023. – № 3. – С. 81–90.

СРАВНЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ СТАЛЕЙ ПО ПРОГНОЗИРУЕМЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ НАДЕЖНОСТИ ДЕТАЛИ

В.А. Татаринцев, к.т.н., доц.

Брянский государственный технический университет

241035, г. Брянск, бульвар 50 лет Октября, 7

E-mail: v_a_t52@mail.ru

Аннотация: Показано, что для сравнения технологий упрочнения материалов корпусной детали путем легирования стали или применения различных режимов термической обработки осуществляются программные (блочные) испытания образцов на усталость. Режим программного нагружения для них формируется из условия одинаковой повреждаемости стали в образце при блочном и в детали при эксплуатационном нагружении. Статистической обработкой результатов программных испытаний прогнозируется функция надежности детали.

Ключевые слова: функция надежности, усталостная долговечность, термообработка, программные испытания, режим нагружения.

Abstract: The article shows that in order to compare technologies for strengthening materials of a body part by alloying steel or using various heat treatment modes, program (block) tests of samples for fatigue are carried out.

The program loading mode is formed from the condition of equal damageability of steel in the sample under block loading and in the part under operational loading. By statistically processing the results of program tests, the reliability function of the part is predicted.

Keywords: reliability function, fatigue life, heat treatment, program tests, loading mode.

На стадии технического проектирования при выборе марки материала или режима термической обработки возникает потребность в эмпирической оценке принимаемых решений. Поскольку расчетные зависимости, применяемые для прогноза долговечности и вероятности разрушения детали, основаны на осредненных значениях параметрах, отражающих деградационные процессы, происходящие в материале детали под действием эксплуатационных факторов – особенностях влияния режима нагружения (например, малоцикловых перегрузок), температуры, влаги, а также структуры материала. В ряде случаев расчетные сравнительные оценки, например, для различных видов термообработки одного и того же материала носят противоречивый характер. Связано это с тем, что количественные оценки сопротивления разрушению сталей, полученные на обобщенных эмпирических зависимостях в результате статических или усталостных испытаний, недостаточно точны. Они, как правило, не учитывают влияния на физический процесс статического или циклического разрушения изменений структурных параметров стали вследствие ее термообработки или легирования. Непосредственная оценка влияния выбора материала и его термообработки на характеристики надежности (долговечности и вероятности разрушения) конкретной детали по результатам сравнительных натурных испытаний затруднительна либо из-за отсутствия соответствующего испытательного оборудования, позволяющего производить испытания при нагружении, близком к эксплуатационному, либо по экономическим соображениям, не позволяющим поставить на испытания достаточное количество натурных деталей для последующей статистической обработки [1].

Рассмотрим подход к сравнительной эмпирической оценке различных способов повышения надежности детали за счет различных технологий повышения прочности материала. В качестве объекта исследования принята литая деталь – корпус автосцепки. На корпус действует резко изменяющаяся знакопеременная ударно-тяговая нагрузка, приводящая к появлению трещин в зонах концентрации напряжений. Низкая надежность корпуса требует проведения мероприятий по повышению ее уровня. Реализуемый режим нагружения должен отражать нерегулярность режима нагружения, проявляющуюся в ее знакопеременности и присутствии кратковременных малоцикловых перегрузок, приводящих к появлению пластических остаточных деформаций в зонах концентрации напряжений.

Для повышения уровня надежности ответственных литых корпусных деталей автосцепного устройства был осуществлен переход от малоуглеродистой литой стали 20Л к низколегированным сталям 20ГЛ, 20ГФЛ,

20ГТЛ. Однако механические свойства этих сталей после нормализации от 920 °С не удовлетворяют требованиям нормативно-технических документов на корпус автосцепного устройства транспортного средства. Повышение характеристик сопротивления механической усталости этих деталей может быть осуществлено за счет выбора рационального режима термической обработки литой стали.

Для проведения экспериментальных исследований отбирали по одной отливке проб-треф от каждой плавки литых сталей 20ГЛ, 20ГФЛ и 20ГТЛ (около 500 шт.), прошедших нормализацию по заводской технологии. Из отливок делали заготовки диаметром 15 мм для последующей термической обработки. Из всех партий заготовок вытачивали усталостные круглые образцы диаметром в рабочей части 8 мм с кольцевой выточкой радиусом 2 мм (коэффициент концентрации $\alpha_c = 1,53$). Испытуемые серии образцов отличались маркой стали или режимом термообработки. Циклические испытания выполняли на усталостном стенде с программным устройством при симметричном цикле изменения напряжений (консольном изгибе образца с вращением) [2].

Для построения программного блока нагружения, обеспечивающего одинаковую повреждаемость материала в образце при программном нагружении и детали при эксплуатационном, необходимо знать эксплуатационный блок нагруженности исследуемой детали и параметры кривых усталости для образца и детали, изготовленных из одного и того же материала [1]. Этот вариант материала принимается за базовый. Относительно него затем ведутся сравнения всех прочих конкурирующих материалов по усталостной долговечности и вероятности разрушения.

Для оценки долговечности при действии нерегулярных (нестационарных) напряжений возникает необходимость суммирования усталостных повреждений в стали при различных уровнях напряжений, отражающих эксплуатационный режим нагружения.

Для этого эксплуатационный режим нагружения детали преобразуют в блочный режим изменения циклической нагрузки образцов, которой бы обеспечивал близкие значения усталостной повреждаемости материала в образце на стенде и в детали при эксплуатационном нагружении [3]. Параметры, характеризующие изменения напряжений в ступенях блоке и число циклов нагружений, поддерживали постоянными для всех исследуемых серий образцов.

По полученным результатам блочных испытаний строили кривые распределения циклической долговечности образцов, сопоставление которых дает информацию для сравнительной оценки эффективности применения того или иного материала и вида термической обработки с учетом влияния особенностей режима нагружения на механизм процесса накопления повреждений в металле.

Полученные при программных испытаниях образцов на усталость в статистическом аспекте кривые распределения долговечности являются оценками соответствующих распределений долговечности детали. Если известна экспериментальная кривая распределения долговечности детали, изготовленной из базового материала, и экспериментальные кривые распределения усталостной долговечности, изготовленных из базового и конкурирующих материалов, то возникает возможность прогнозировать функции распределения долговечности деталей из этих материалов, а по ним и функции их надежности в эксплуатации.

В нашем случае имеются необходимые данные для прогнозирования функций надежности по появлению трещины в зоне перехода головной части в хвостовик корпусной детали, изготовленного из рассматриваемых вариантов литых сталей с различными термообработками. Прогнозирование функций надежности осуществляется на базе эксплуатационной кривой распределения долговечности корпуса из стали 20Л до появления первой трещины в переходной зоне, параметров экспериментальных кривых распределения долговечности образцов при программном нагружении и результатов сравнения по долговечности исследуемых вариантов с базовым. При этом делается допущение о том, что при условии равенства усталостной повреждаемости материала в образце и детали сохраняется соотношение между средними логарифмами эксплуатационной и экспериментальной долговечности базового и исследуемых материалов, т. е. отношения средних логарифмов долговечностей, приведенные в табл. 1, остаются справедливыми для эксплуатационных распределений.

Таблица 1

Сравнение вариантов сталей с базовым по параметрам функций распределения усталостной долговечности образцов

Варианты сталей	1	2	3	4	5	6
	20Л нормализ.	20ГТЛ нормализ.	20ГЛ нормализ.	20ГФЛ нормализ.	20ГЛ улучшение	20ГЛ ТЦО
$\overline{\lg L} / \overline{\lg L}_{20Л}$	1	1,12	1,17	1,30	1,40	1,61
$S_{\lg L} / (S_{\lg L})_{20Л}$	1	1,29	1,12	1,01	1,62	1,06

Рассчитанные на основе изложенного расчетно-экспериментального подхода параметры прогнозируемых функций надежности корпуса из исследуемых вариантов сталей представлены в табл. 2. На основе параметров

этих значений (табл. 2), построены графики функций надежности корпуса по появлению первой трещины в зоне перехода головы в хвостовик, описываемые зависимостью:

$$\lg L = \overline{\lg L} - u_p S_{\lg L}, \quad (1)$$

где u_p – квантиль нормированного нормального распределения, соответствующая вероятности безотказной работы P ; $\overline{\lg L}$ и $S_{\lg L}$ – среднее значение и среднее квадратическое отклонение логарифма срока службы.

Приведенные на рис. 1 графики позволяют прогнозировать частоту (вероятность) появления трещин в корпусах, изготовленных из исследованных сталей, в зависимости от срока службы. Применение ТЦО по режиму 1 оказалось еще более эффективным по долговечности и надежности корпуса, чем применение низколегированных сталей в нормализованном и улучшенном состоянии.

Таблица 2

Параметры прогнозируемых функций надежности корпуса по появлению трещин

Варианты сталей	1	2	3	4	5	6
	20Л* нормализ.	20ГТЛ нормализ.	20ГЛ нормализ.	20ГФЛ норма-лиз.	20ГЛ улучшение	20ГЛ ТЦО
Параметр $\overline{\lg L}$	0,778	0,872	0,910	1,012	1,089	1,253
\overline{L} , лет	6,9	9,1	9,6	11,9	16,5	20,8
$S_{\lg L}$	0,230	0,277	0,249	0,232	0,333	0,239

Примечание: *параметры по эксплуатационным данным с учетом зависимости (1).

Сравнительный анализ результатов эксперимента показал, что применение нормализованных сталей 20ГЛ и 20ГФЛ взамен низкоуглеродистой стали повысит среднюю долговечность корпуса соответственно в полтора и два раза, при этом вероятность разрушения при десятилетнем сроке службы снизится соответственно в 1,9 и 4,4 раза.

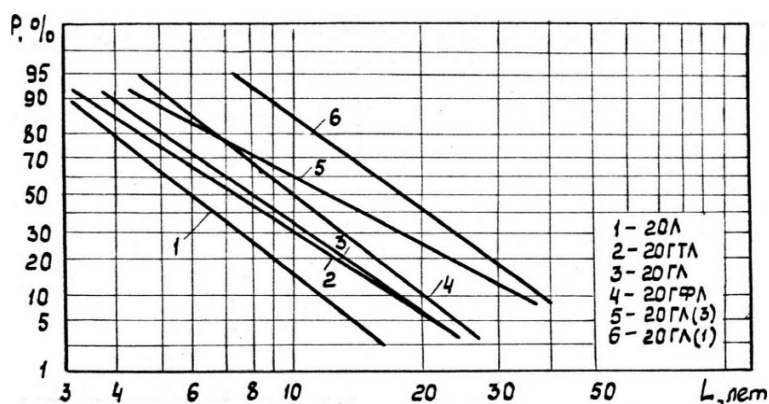


Рис. 1. Зависимость вероятности безотказной работы от срока службы корпуса из литых сталей: в скобках – условные номера режимов термообработки

Предложенный подход применим на стадии технического проектирования объекта, а также при его модернизации, когда необходимо количественно оценить изменение надежности детали при выборе ее материала [4, 5] или изменении режима эксплуатационной нагруженности и в числах оценить значимость мероприятий по ее модернизации [6].

Список использованных источников:

1. Гарф М.Э. Испытания на усталость применительно к задачам оптимизации конструкций / М.Э. Гарф. – К. : Наукова думка, 1984. – 175 с.
2. Машины и приборы для программных испытаний на усталость / под ред. д-ра техн. наук М.Э. Гарфа. – К. : Наукова думка, 1970. – 193 с.

3. Tatarintsev V.A., Shlyushenkov A.P. Effect of structural parameters on the fatigue failure of cast steels in loading with low-cycle overloads / V.A. Tatarintsev, A.P. Shlyushenkov // Strength of Materials. – 1991. – Т. 23. – № 7. – P. 775–782.

4. Бадьлевский Д.В. Выбор прочностных характеристик материала элементов транспортных машин / Д.В. Бадьлевский, В.А. Татаринцев // Жизненный цикл конструкционных материалов (от получения до утилизации): материалы XI Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. – 2021. – С. 49–54.

5. Симочкин В.В. Влияние режимов термоциклической обработки на прочностные свойства литых сталей / В.В. Симочкин, В.А. Татаринцев, О.Д. Филотенков // Новые решения в области упрочняющих технологий: взгляд молодых специалистов: сборник материалов международной научно-практической конференции. – Курск : Юго-Западный государственный университет, 2016. – С. 274–278.

6. Татаринцев В.А. Выбор прочностных характеристик сталей из условия обеспечения заданного уровня надежности / В.А. Татаринцев // Жизненный цикл конструкционных материалов (от получения до утилизации): материалы X Всероссийской научно-технической конференции с международным участием, 2020. – С. 15–22.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРОЕНИЯ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНОГО СПЛАВА, ПОЛУЧЕННОГО СПС И ТВЧ КОНСОЛИДАЦИЕЙ

*А.Н. Дмитриенко^а, маг., Лю Юаньсюньа, аспирант, Ж.Г. Ковалевская, д.т.н., проф.
Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: ^аand11@gmail.com*

Аннотация: В работе исследована структура высокоэнтропийного сплава Fe-Al-Co-Ni-Cr, полученного СПС и ТВЧ консолидацией из механоактивированного порошка. Определено, что при СПС спекании формируется образец со структурой частично наследуемой от исходного механоактивированного порошка и модифицированной в процессе спекания. При ТВЧ плавлении механоактивированного порошка в графитном тигле, формируется монолитный материал с трехфазной структурой. Одна из структурных составляющих предположительно формируется за счет взаимодействия с материалом тигля.

Ключевые слова: высокоэнтропийный сплав, механоактивация, СПС, ТВЧ.

Abstract: This work investigates the structure of a high-entropy Fe-Al-Co-Ni-Cr alloy obtained by SPS and high-frequency consolidation from mechanically activated powder. It has been determined that during SPS sintering a sample is formed with a structure partially inherited from the original mechanically activated powder and modified during the sintering process. When high-frequency melting of mechanically activated powder in a graphite crucible, a monolithic material with a three-phase structure is formed. One of the structural components is presumably formed due to interaction with the crucible material.

Keywords: high-entropy alloy, mechanical activation, SPS, HDTV.

Высокоэнтропийные сплавы (ВЭС) в последнее десятилетие привлекли широкое внимание специалистов в связи с демонстрацией их необычных свойств, проявляемых из-за сложного конфигурационного состояния [1, 2]. В отличие от традиционно создаваемых сплавов, путем легирования одного компонента малыми долями других, в ВЭС основой служат сразу несколько элементов, взятых в количестве не менее пяти с эквиатомной концентрацией каждого [3].

В данной работе проведены исследования строения образцов из ВЭС Fe-Al-Co-Ni-Cr, полученные методом механоактивации с последующим электроискровым спеканием (СПС) или плавлением при помощи ТВЧ. Так же были проведены попытки плавления в камерной печи при температуре 1200 °С в керамическом тигле, но данной температуры было не достаточно для плавления.

В качестве исходных материалов использовали металлические порошки Co, Cr, Fe, Ni, Al чистотой более 99,5 мас. % и размером частиц менее 55 мкм. Элементарные порошки смешивались в эквиатомном составе – Fe (22,1 мас. %), Al (10,7 мас. %), Co (23,3 мас. %), Ni (23,2 мас. %), Cr (20,6 мас. %). Последующая механоактивация проводилась в планетарной шаровой мельнице в течение 1 часа при 240 об/мин в атмосфере воздуха.

В качестве мелющей среды использовались шарики из высококачественной нержавеющей стали с массовым соотношением шариков к порошку 3:1. Применялся агент, контролирующий обработку, чтобы избежать холодной сварки, а также предотвратить окисление сплава, в качестве агента использовался раствор стиариновой кислоты в этиловом спирте. Смесь после механического сплавления подвергалась дополнительному отжигу в вакуумной печи при температуре 600 °С.

Подготовленный механоактивацией порошок консолидировали искровым плазменным спеканием при 900 °С в течение 10 мин под давлением 50 МПа в вакууме. Время сохранения температуры 10 минут и затем свободно охлаждают до комнатной температуры.

Полученные образцы имели форму таблеток диаметром 15 мм и высотой 5 мм. При плавлении на ТВЧ был использован графитовый тигель и катушка диаметром 40 мм, плавление происходило при 70А в течении 5 мин в атмосфере воздуха. Сплавленные образцы повторяли форму круглого в сечении тигля диаметром 13 мм и высотой 10 мм.

Далее были сделаны шлифы, залитые в эпоксидную смолу. Для полировки поверхности используются различные виды наждачной и полировочной бумаги.

Порошок и образец, полученный СПС не подвергались травлению. Образец, полученный ТВЧ плавкой, травился при помощи царской водкой. Фотографии микроструктуры были выполнены на микроскопе CarlZeiss AxioObserver.

Ниже представлены результаты микроструктурного анализа механоактивированного порошка и образцов после СПС и ТВЧ консолидации (рис. 1–3).

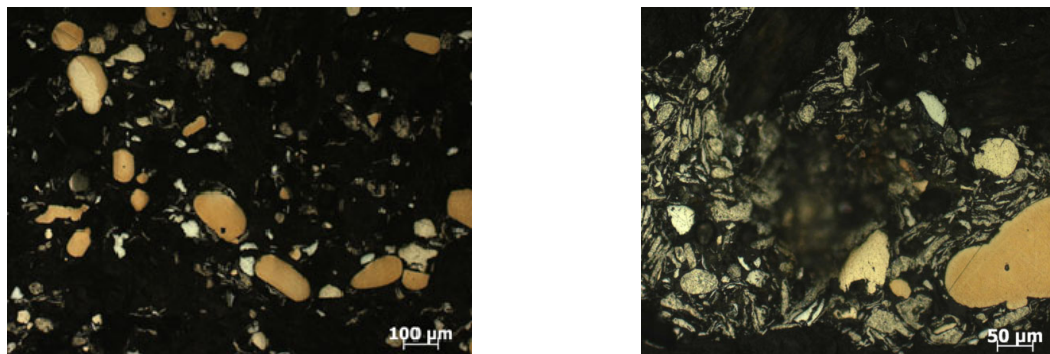


Рис. 1. Микроструктура механоактивированного порошка ВЭС Fe-Al-Co-Ni-Cr

После механического активирования исходных порошков произошло перемешивание и измельчения материала с формированием конгломератов, состоящих из механической смеси нескольких веществ (рис. 1). Конгломераты имеют полосчатое строение, что характерно для материала, подвергнутого интенсивной пластической деформации [4].

Вероятнее всего, что агломераты сформировали компоненты с минимальной твердостью и высокой пластичностью. Такие как алюминий и железо. Компоненты, имеющие высокую твердость, такие как кобальт и хром, деформировались лишь частично, сохранив форму исходных частиц.

После СПС консолидации формируется монолитный материал с пористостью около 5 %. Как видно на рисунке 2, строение образца неоднородное и обусловлено сохранением строения механоактивированного материала. В структуре образца видны отдельные частицы порошка, окруженные смесью материала без полосчатой микроструктуры, характерной для исходных частиц-конгломератов.

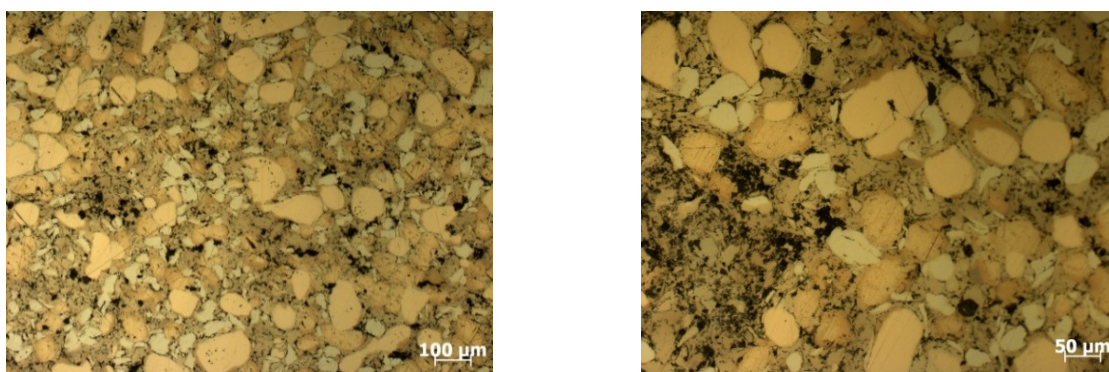


Рис. 2. Микроструктура ВЭС Fe-Al-Co-Ni-Cr консолидированного СПС

Можно предположить, что частицы-конгломераты под действием электрического разряда приобрели однородное строение и химическую однородность. Эффект диффузионного проникновения компонентов друг в друга проявилось в исчезновении внутренних границ агломератов и формировании общей матрицы образца.

После оплавления ТВЧ в графитном тигле сформировалась материал с литой структурой (рис. 3). В структуре присутствует пористость около 5 %. Она формируется либо в процессе усадки жидкого материала, либо сохраняется от исходного порошкового материала с низкой насыпной плотностью.

После травления в микроструктуре образца наблюдается три структурных составляющих: основа, частицы иглообразной формы и частицы с полиэдрическим строением. Предположительно основа представляет из себя твердый раствор компонентов сплава, иглообразные включения являются интерметаллидом компонентов сплава, а частицы с полиэдрическим строением – карбиды карбидообразующих элементов сплава, образованные при взаимодействии расплава с тиглем.

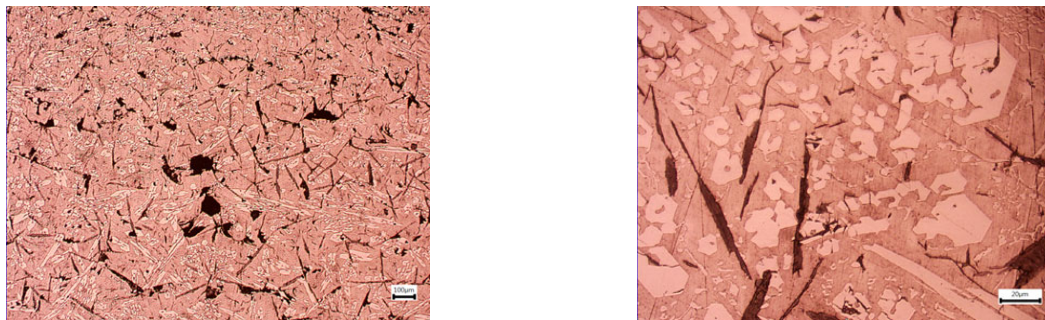


Рис. 3. Микроструктура ВЭС Fe-Al-Co-Ni-Cr консолидированного ТВЧ

Таким образом, в ходе исследования структуры высокоэнтропийного сплава Fe-Al-Co-Ni-Cr, полученного СПС и ТВЧ консолидацией, определено, что при СПС спекании формируется образец со структурой частично наследуемой от исходного механоактивированного порошка и модифицированной в процессе спекания. При ТВЧ плавлении сплава в графитовом тигле, образуется материал с трехфазной структурой, одна из структурных составляющих которой предположительно формируется за счет взаимодействия с материалом тигля.

Список использованных источников:

1. Батаева З.Б. Обзор исследований сплавов, разработанных на основе энтропийного подхода / З.Б. Батаева [и др.] // Обработка металлов: технология, оборудование, инструменты. – 2021. – Т. 23. – № 2. – С. 116–146.
2. Громов В.Е. Применение высокоэнтропийных сплавов Громов В.Е. [и др.] // Известия высших учебных заведений. Черная Металлургия. – 2021. – Т. 64. – № 10. – С. 747–754.
3. Кузьмич Ю.В. и др. Механическое легирование как метод получения конструкционных материалов на основе алюминия / Ю.В. Кузьмич [и др.] // Перспективные материалы. – 2003. – № 6. – С. 69–75.
4. Осинцев К.А. Структурно-фазовое состояние высокоэнтропийного сплава Al-Co-Cr-Fe-Ni, полученного проволочно-дуговой аддитивной технологией / К.А. Осинцев [и др.] // Ползуновский вестник. – 2021. – № 1. – С. 141–146.

О ВОЗМОЖНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ФОРМЫ ЧАСТИЦ ПОРОШКОВОЙ КОМПОЗИЦИИ СИСТЕМЫ Al-Si-Mg В ШАРОВОЙ МЕЛЬНИЦЕ

*Е.А. Ибрагимов^а, к.т.н., доц., А.А. Сапрыкин^б, к.т.н., доц.
Юргинский технологический институт (филиал)
Национального исследовательского Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26
E-mails: ^аegor83rus@tpu.ru, ^бsapraa@tpu.ru*

Аннотация: В данной статье приводятся результаты предварительного эксперимента, которые подтверждают возможность изменять форму частиц порошковой композиции системы Al-Si-Mg под различным воздействием мелющих тел в шаровой мельнице

Ключевые слова: Механическая активация, режимы движения, планетарная мельница, шаровая мельница.

Abstract: This article presents the results of a preliminary experiment that confirms the ability to change the shape of particles of a powder composition of the Al-Si-Mg system under various influences of grinding media in a ball mill.

Keywords: Mechanical activation, modes of motion, planetary mill, ball mill.

Известно, что одним из основных требований к порошковым материалам применяемых в технологиях селективного лазерного спекания (SLS) и селективного лазерного плавления (SLM) является определенный

размер и сферичность его частиц [1]. Разработано много дорогостоящих технологий по сфероидизации порошка при получении его из готового сплава. Однако эти технологии имеют существенный недостаток – большой объем получаемого материала (десятки килограмм) и высокую стоимость.

При исследовательских работах по формированию многокомпонентных сплавов такой объем материала зачастую не нужен, и нет возможности тонко изменять стехиометрический состав сплава.

Идея получения многокомпонентных сплавов из механической смеси чистых порошков была реализована несколько лет назад командой ученых из ЮТИ ТПУ. Опыт показал, что не все механические смеси порошков после подготовки пригодны (технологичны) для технологии SLM. В первую очередь это связано с получением частиц неправильной формы (пластинчатой, игольчатой, осколочной), что снижает сыпучесть и текучесть порошка, что критично при селективном плавлении.

Для подготовки порошковой композиции была разработана шаровая мельница барабанного типа, с плавным регулированием частоты вращения. Описание устройства и режимов работы подробно приведены в работе [2]. Установлено, что при изменении частоты вращения барабана устанавливается три режима работы мельницы: каскадный (до 61 об/мин); водопадный (68–102 об/мин) и режим самофутирования (110–126 об/мин). Наибольшее ударное энергетическое воздействие мелющих тел на частицы порошка проявляется при водопадном режиме. Вектор воздействия шаров направлен преимущественно по нормали к зоне столкновения с частицами порошка. При каскадном режиме преобладает касательное воздействие мелющих тел на частицы порошка.

Идея предварительного эксперимента заключается в обработке порошка в несколько стадий: сначала при максимальном энергетическом воздействии с целью максимально смешать частицы между собой, возможно сформировать условия для механического легирования частиц. На второй стадии обработки получить такие условия, при которых форма частиц порошка будет принимать форму близкую к сфере.

Порошковая смесь загружалась в барабан, далее добавлялся спирт в количестве 5 мл, в качестве ПАВ. После этого барабан герметично закрывался и из него откачивался воздух с помощью системы вакуумирования. Затем в разряженное пространство закачивался инертный газ аргон. Вакуумирование и заполнение камеры аргоном необходимо, т. к. компоненты порошковой смеси Al, Si, Mg очень активны по отношению к кислороду воздуха и при энергетическом воздействии возможно окисление этих металлов, что категорически не допустимо.

Первая стадия обработки проводилась при частоте вращения барабана 89 об/мин (водопадный режим, рис 1, а) в течение 1 часа. Вторая стадия проводилась при частоте 68 об/мин (каскадный режим, рис. 1, б) в течение 1 часа.



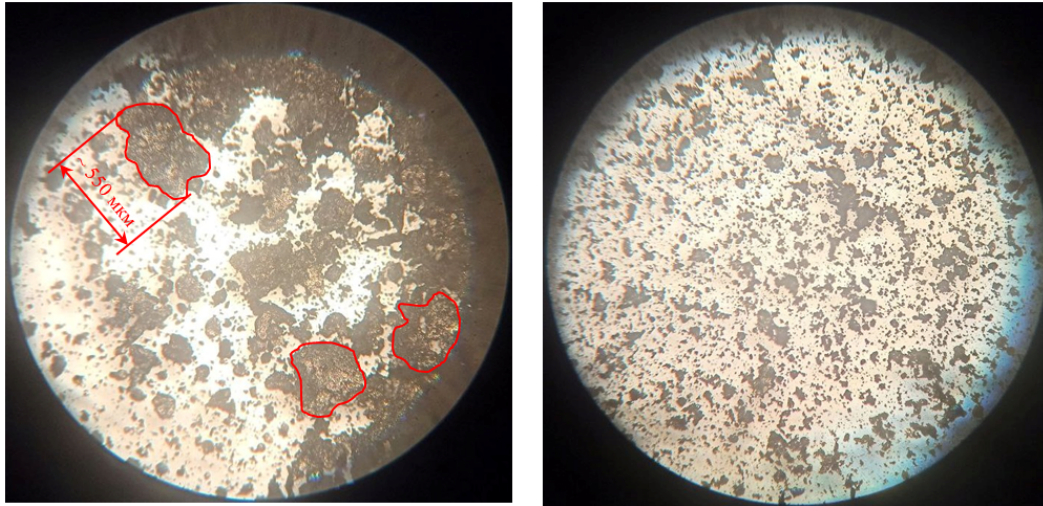
а) 89,05 об/мин



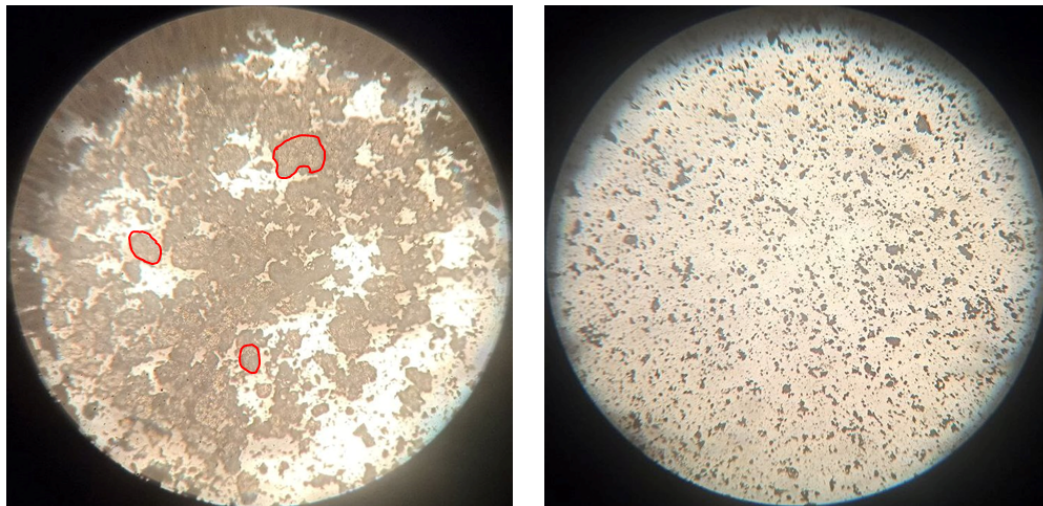
б) 68,5 об/мин

Рис. 1. Режимы работы мельницы

В результате первой стадии обработки частицы порошка получились неправильной и чешуйчатой формы (рис. 2, а). Размер крупных частиц доходит до 500 мкм. Также проводилась оценка остатка частиц. С подложки без дополнительных усилий и встряхиваний ссыпалась основная масса порошка, а остаточный (статически прилипший) оценивался на количество и форму мелких частиц. После обработки этого же порошка на втором режиме наблюдается изменение размера частиц – размер крупных частиц 0,1–0,15 мкм. Форма частиц изменилась и стала близка к форме окатышей (близкой к сферической). Количество мелких частиц (остаток) значительно уменьшилось (рис. 2, б). Это может говорить о том, что при втором режиме работы мельницы при касательном энергетическом воздействии мелющих тел происходит деформация крупных частиц порошка с захватом мелких, крупные частицы разрушаются, чешуйчатые деформируются и окатываются.



а) $n=89$ об/мин



б) $n=68$ об/мин

Рис. 2. Результаты предварительного эксперимента

Таким образом, предварительный эксперимент показал существование возможности изменения формы частиц порошковой композиции путем постобработки в шаровой мельнице на каскадных режимах. При такой обработке происходит измельчение крупных частиц, окомкование мелких частиц и приближение формы частиц близкой к сферической. Безусловно данные результаты являются не окончательными, а работа требует продолжения экспериментальных исследований.

Список использованных источников:

1. The effect of process parameters on the physical and mechanical properties of Ti fabricated by selective laser melting using ball milled powders / D. Chen, B. Liu, W. Xu, [and etc.]// Optics and Laser Technology/ – 2022. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0030399222006983?via%3Dihub> (дата обращения: 10.04.2024). – Текст: электронный.
2. Гусева Т.С. Технология и оборудование получения композитных порошков сферической формы для селективного лазерного плавления / Т.С. Гусева, Н.А. Сапрыкина, А.А. Сапрыкин, Е.А. Ибрагимов // Инновации в машиностроении: материалы докладов XIII Международной научно-практической конференции. – Барнаул : АлтГТУ, 2022. – С. 146–152.

ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТРИПЛЕКСНЫХ КЛАСТЕРНЫХ ДАТЧИКОВ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ДЕФЕКТОВ ФОРМЫ

К.В. Елифанцев, к.т.н, доц.

*Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения
190000, г. Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 67
E-mail: epifancew@gmail.com*

Аннотация: В статье рассматривается вопрос применения триплексного (мультисенсорного) датчика емкостно-оптически-вихретокового типа, имеющего предварительную систему преобразования, который был использован как альтернатива контактного щупа на кругломере Roundtest RA – 120p [1].

В настоящее время настройка кругломера с контактным щупом сопровождается дополнительными сложностями в связи с длительной операцией выравнивания стола и осей, а также возможностью повреждения контактного щупа из-за необработанной детали, о которую он истирается. Подобранные характеристики триплексного датчика позволили использовать его вместо контактного щупа при измерении дефектов формы детали (круглости, цилиндричности, концентричности, биения) для разных материалов. Именно в этом преимущество триплексного датчика – для бесконтактного измерения разных материалов.

Ключевые слова: оптические датчики, вихретоковые датчики, емкостные датчики, дефекты геометрии, кругломер, погрешность измерений

Abstract: The article considers the issue of using a triplex capacitive-optical-eddy current sensor with a preliminary conversion system, which was used as an alternative to the contact probe on the Roundtest RA – 120p [1]. Currently, setting up a round meter with a contact probe is accompanied by additional difficulties due to the long-term operation of leveling the table and axes, as well as the possibility of damage to the contact probe due to the raw part on which it is worn. The selected characteristics of the triplex sensor made it possible to use it instead of a contact probe when measuring defects in the shape of a part (roundness, cylindricality, concentricity, runout) for different materials. This is the advantage of a triplex sensor – for non-contact measurement of different materials.

Keywords: optical sensors, eddy current sensors, capacitive sensors, geometry defects, round gauge, measurement error

Процесс измерения дефектов формы производится с помощью кругломеров, в основе которых лежит воздушный подшипник вращения, работающий от компрессора и вращающий координатный стол и контактный щуп, производящий сканирование детали в определенных сечениях для выявления дефектов геометрии.



Рис. 1. Стандартный щуп кругломера (справа) и кругломер Roundtest (слева)

Современные технологии создания высокоскоростных двигателей стремятся минимизировать вибрационные нагрузки при вращении двигателя для увеличения КПД установки и увеличения срока службы подшипниковым и кинематическим парам.

Именно поэтому развитие приборов данного класса, отечественной разработки является главной задачей отечественного приборостроения. Процесс работы алгоритма работы программного обеспечения кругломера имеет ряд фильтров, механических компенсаторов, позволяющих достигнуть субмикронной точности на измерениях для определения микродефектов геометрии, которые впоследствии могут приводить к развитию вибрационных нагрузок.

Основная цель работы – создать прототип бесконтактного триплексного датчика для измерения дефектов формы для импортозамещения контактного щупа австрийского производства (рисунок 2).

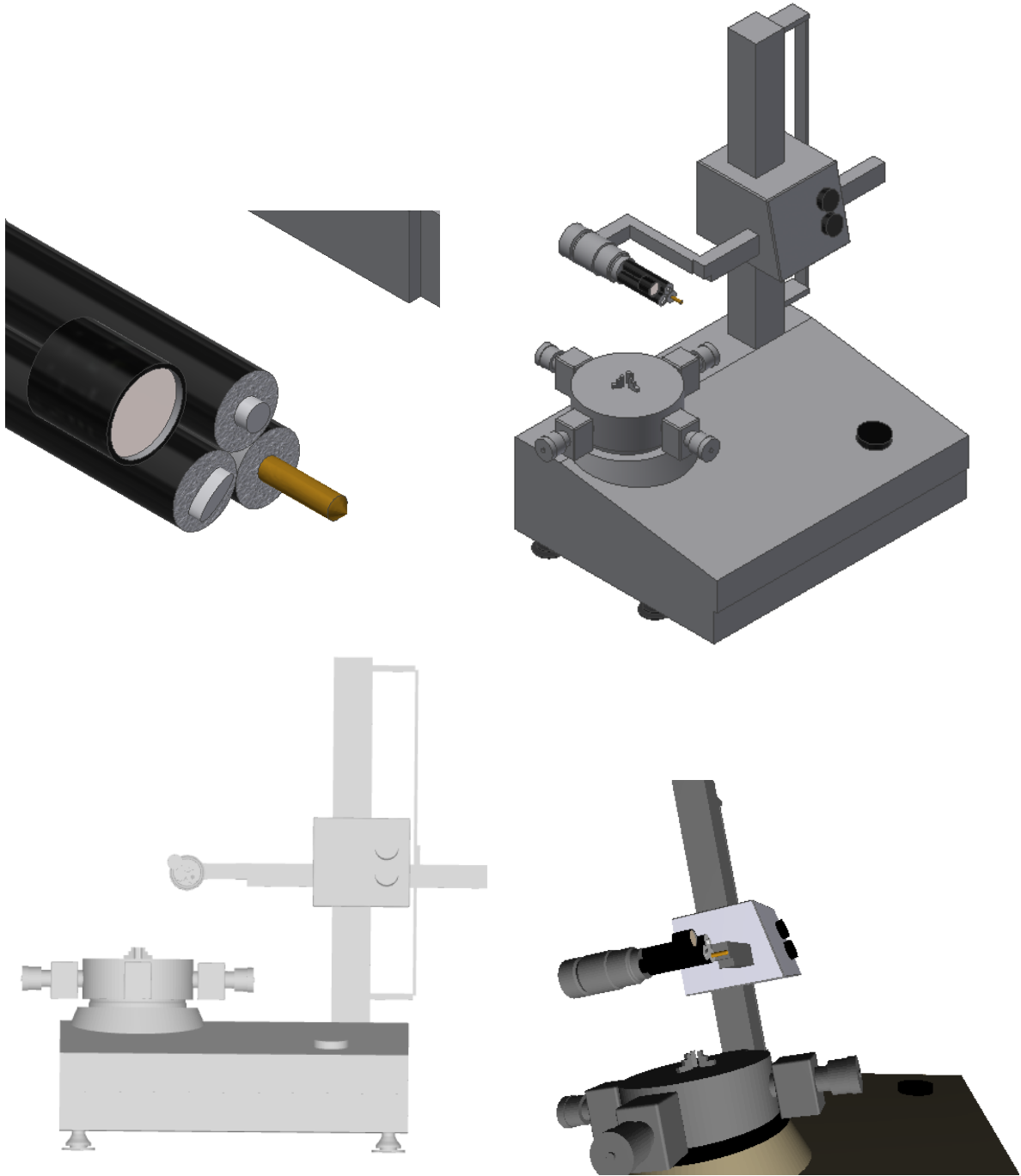


Рис. 2. Пример триплексного щупа (слева) и разработанная конструкция кругломера (справа и снизу)

В исследовании [2] представлен лазерный кругломер О.А. Заякина, который был взят за прототип. На рисунке 3 представлены испытанные в разное время щупы различных типов, соединение которых и было положено в основу триплексного щупа.

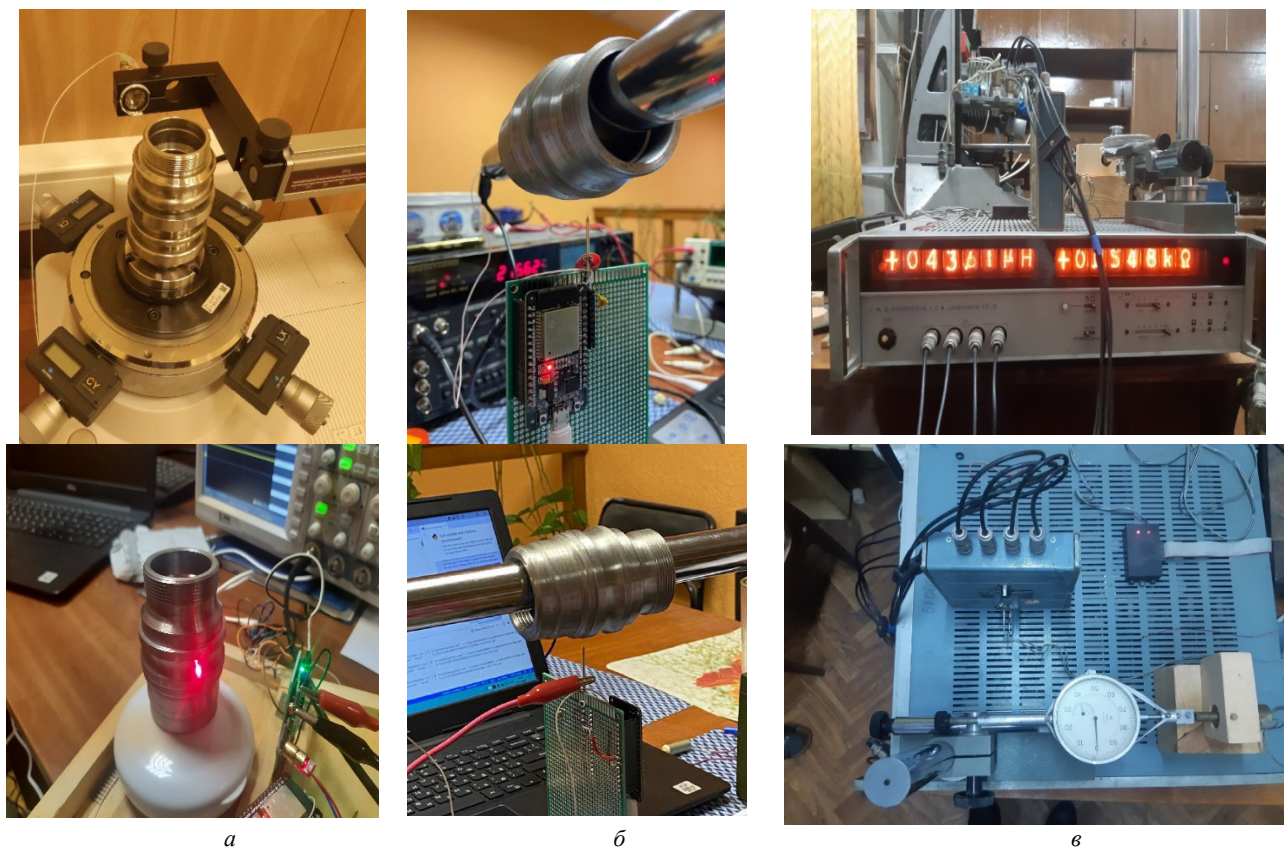


Рис. 3. Испытания с различными типами щупов: а-оптический датчик с осциллографом и анализатором спектра, б-емкостной с частотомером и вольтметром, в-вихреговой датчик с LCR-метром

На фото выше, на осциллографе, визуализировано представлены скачки осциллограммы, которые были зарегистрированы при микросмещении винта и приближении линзы/емкостного/вихрегового датчика к металлической детали. Ниже представлены результаты измерения на датчиках, перечисленные на рис. 3.

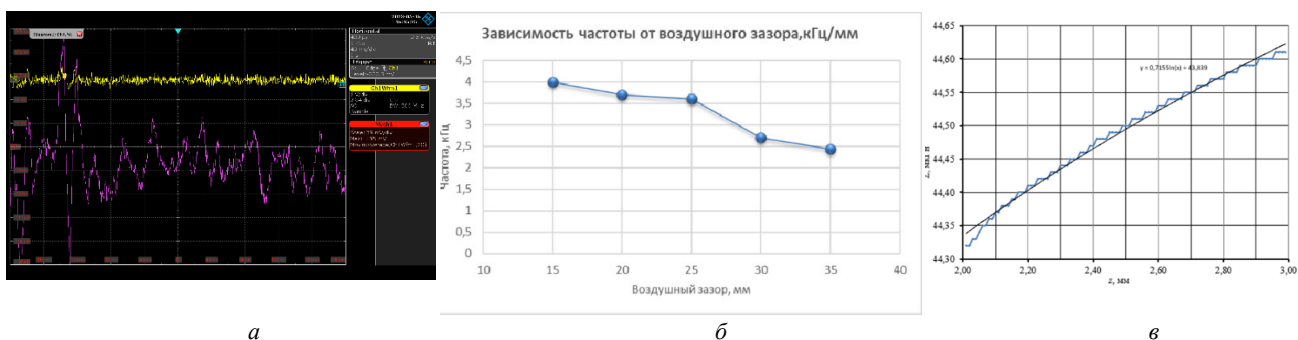


Рис. 4. Графические результаты после испытаний с различными типами щупов: а – оптический датчик с осциллографом и анализатором спектра, б – емкостной с частотомером и вольтметром, в – вихреговой датчик с LCR-метром

Представленная разработка представляет собой импортозамещенный комплексный датчик, который может быть использован не только для кругломеров, но и при тщательной фильтрации – для измерения контура и шероховатости [3].

В процессе проведения исследования было выявлено что триплексный щуп должен иметь ряд высокопроизводительных фильтров для аппроксимации сигнала и для борьбы с алиасингом. В работах [4–6] отмечена зависимость между емкостью и расстоянием наблюдаемого объекта, представленная на рисунке 5.

Анализируя представленный график, можно также сделать вывод, что есть некоторый выход датчика на режим (стабилизацию, происходящую из-за сопротивления датчика шумам), сопровождающийся резким увеличением емкости в момент минимального расстояния между наблюдаемым объектом и второй пластиной кон-

денсатора (вторая пластина конденсатора – исследуемый объект). На графике ниже показано, что точка координат на графике C_m и d_m являются некоторой точкой экстремума функции, больше которой начинается экспоненциальный подъем графика и плавное переход в ровную линию, что свидетельствует о некотором расстоянии, при котором датчик уже перестает улавливать приближение объекта.

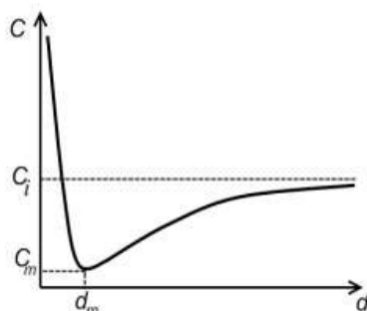


Рис. 5. Зависимость емкости чувствительного элемента датчика от расстояния между наблюдаемым объектом и поверхностью чувствительного датчика

Список использованных источников:

1. Гущина Е.А. Цифровая метрология : учеб.-метод. пособие / Е.А. Гущина, К.В. Епифанцев, Н.Ю. Ефремов. – СПб. : ГУАП, 2022. – 104 с.
2. Заякин О.А. Экспериментальный лазерный кругломер, исследование основной погрешности / О.А. Заякин, А.В. Манухин, А.А. Ростов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2017. – Т. 19, № 6. – С. 184–188.
3. Исследование возможности применения одновиткового вихретокового датчика для измерения дефектов формы / К.В. Епифанцев, Г.А. Петров, В.Н. Белопухов, О.А. Заякин // Инновационное приборостроение. – 2024. – Т. 3, № 1. – С. 63–76. – DOI: 10.31799/2949-0693-2024-1-63-76.
4. Кулманаков Д.С. Многофункциональный емкостной датчик / Д.С. Кулманаков, Н.С. Пщелко, И.П. Костовский // Наука настоящего и будущего. – 2020. – Т. 1. – С. 122–125.
5. Пщелко Н.С. Бесконтактный многофункциональный датчик на основе планарного конденсатора. Н.С. Пщелко, И.М. Соколова, Д.А. Чигирев // Техника радиосвязи. – 2021. – № 3 (50). – С. 71–82.
8. Пщелко Н.С. Многофункциональный датчик на основе планарного конденсатора для дистанционного зондирования / Н.С. Пщелко // Радиопизика, фотоника и исследование свойств вещества: тезисы докладов I Российской научной конференции – Омск, 2020. – С. 95–96.
6. Программа для контроля параметров емкостных структур методом вольт-фарадных характеристик: свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2016610272, 11.01.2016: заявка № 2015660773 от 10.11.2015 / Т.Р. Акчурин, Н.С. Пщелко, Е.Г. Водкайло.
7. Novak J.L. A capacitance-based proximity sensor for whole arm obstacle avoidance Proceedings 1992 IEEE International Conference on Robotics and Automation / J.L. Novak, I.T. Feddema. – IEEE, 1992. – P. 1307–1314.
8. Combined capacitive and ultrasonic distance measurement for automotive applications. IEEE sensors journal / T. Schlegl [et al]. – 2011. – V. 11, №. 11. – P. 2636–2642.
9. Галков А.В. К вопросу о разработке адаптивных охранных систем на основе емкостных датчиков / А.В. Галков, А.Г. Якунин // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – № 1 (17). – С.121–125.

ОСНОВАНИЕ ВЫБОРА КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ НОЖА ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО ОРГАНА ГЕОХОДА

*А.Б. Ефременков, д.т.н., проф., Ш.С. Нозирзода^а, аспирант
Новгородского государственного университета имени Ярослава Мудрого
173003, Новгородская область, г. Великий Новгород
ул. Большая Санкт-Петербургская, 41
E-mail: ^аshoni_1997@mail.ru*

Аннотация: В работе рассматривается выбор конструктивных решений ножа исполнительного органа геохода. Оцениваются основные факторы, влияющие на выбор таких решений, а также критерии, которые необходимо учитывать при проектировании ножа. Использован систематизированный подход к выбору оптимальных конструктивных решений для ножа исполнительного органа геохода с точки зрения трудоемкости изготовления конструкции ножа геликоидной формы.

Ключевые слова: нож исполнительного органа, геохонд, конструктивные решения, формообразование, выбор, трудоемкость.

Abstract: The paper considers the choice of constructive solutions for the blade of the executive body of the geokhod. The main factors influencing the choice of such solutions are evaluated, as well as the criteria that must be taken into account when designing the blade. A systematic approach was used to select the optimal design solutions for the blade of the executive body of the geokhod from the point of view of the complexity of manufacturing the design of a helicoid-shaped blade.

Keyword: blade of the executive body, geokhod, design solutions, shaping, selection, labor intensity.

В современной горной промышленности для проведения проходческих работ широко применяются подземные агрегаты. Подземные агрегаты обеспечивают эффективную и безопасную работу на горных выработках, увеличивая производительность и снижая риски для рабочих. Важно отметить, что подземные агрегаты должны соответствовать специфическим требованиям безопасности и эффективности работы в условиях ограниченного пространства и высокой влажности.

В исследованиях [1–4] был предложен новаторский подход к разработке специализированной техники для работы в подземных условиях, такой как геохонд. Одним из ключевых элементов геохода является нож исполнительного органа, который выполняет функцию формообразования и обеспечивает разрушения мягкой породы. Выбор конструктивных решений для ножа играет важную роль в обеспечении эффективности работы геохода. Особенности геоходной технологии требует применение ножей геликоидной формы для исполнительного органа [5–7]. Геликоидная поверхность формируется в результате прямолинейного движения геохода вдоль неподвижной оси и одновременно вращающегося вокруг этой же оси.

В работах [8–11] рассматривается компоновочная схема ножевого исполнительного органа геохода. Рациональным вариантом конструктивного решения является применение четырёх ножей, соединяющихся жестко в центральную часть и корпус головной секции геохода, как показано на рисунке 1.

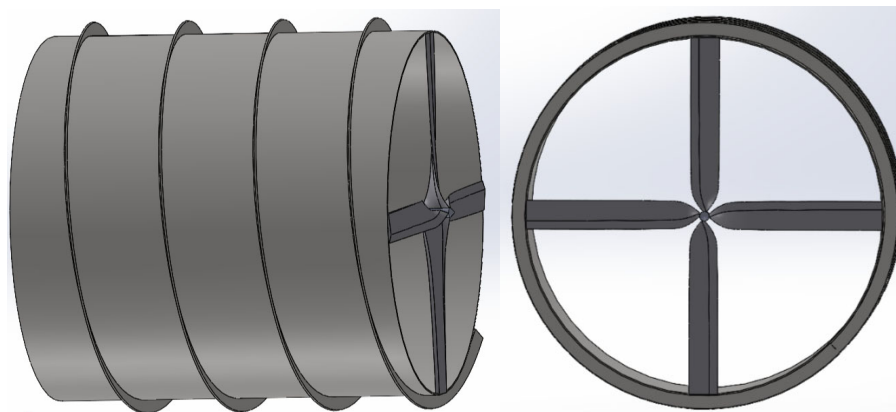


Рис. 1. Компоновочная схема ножевого исполнительного органа геохода

Целью работы является систематизация подходов к выбору конструктивных решений, способствующих повышению эффективности работы геохода и обеспечению надежности его исполнительного органа.

Выбор конструктивных решений формообразования ножа исполнительного органа геохода может быть обусловлен следующими критерии:

1. Требованиями к работе ножа: необходимо учитывать тип грунта, который будет обрабатываться, а также условия эксплуатации и особенности работы геохода.
2. Материалом ножа: выбор материала должен быть обоснован его прочностью, износостойкостью и коррозионной стойкостью.
3. Геометрическими параметрами: форма и размеры ножа должны быть оптимальными для выполнения поставленных задач.
4. Технологическими особенностями производства: необходимо учитывать возможности производства и доступность материалов.
5. Опытном и практикой: целесообразно учитывать успешный опыт использования аналогичных конструкций ножей в аналогичных условиях.
6. Экономическими аспектами: стоимость производства и эксплуатации ножа также может влиять на выбор конструктивных решений.

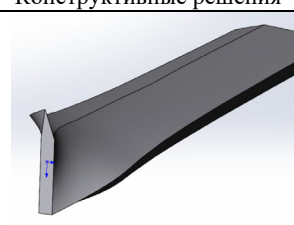
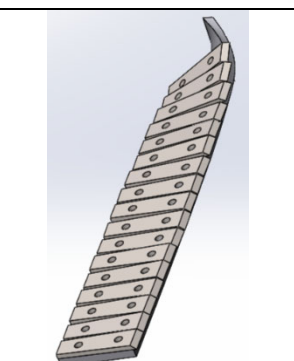
Итоговый выбор конструктивных решений формообразования ножа исполнительного органа геолода должен быть обоснованным и учитывать все перечисленные выше критерии. Выбор конструктивных решений зависит от ряда факторов, которые влияют на процесс формообразования тела ножа и технико-экономические показатели при реализации данных решений. Для реализации конструкции ножевого исполнительного органа геолода существует несколько способов выполнения ножа исполнительного органа:

- цельная конструкция;
- сборная конструкция.

Для обоснования выбора конструктивных решений необходимо разработать варианты выполнения формообразования и обосновать рациональный вариант конструкции ножа для разрушения мягкой породы. В таблице 1 приведены основные конструктивные решения ножа исполнительного органа геолода.

Таблица 1

Основные конструктивные решения и их особенности

Конструктивные решения	Особенности применения	Технологические особенности изготовления
	Нож представляет собой цельную конструкцию, выполненную геликоидной формы.	Предполагается получить тело ножа исполнительного органа, затем обрабатывается механически режущая кромка, т. е. передняя и задняя поверхности. Режущая часть будет закаливаться для обеспечения определенной твердости. Для повышения прочности поверхностного слоя, стойкости к износу, будет применяться цементация.
	Нож представляет собой сборную конструкцию с твердосплавными пластинами, выполненную геликоидной формы	Предполагается получить тело ножа исполнительного органа, затем на переднюю поверхность устанавливаются твердосплавные пластины.

Для обоснования выбора конструктивного решения, с точки зрения технологии изготовления геликоидной формы ножа, принимаем следующие критерии:

- металлоемкость (коэффициент использования материала);
- трудоемкость изготовления ножа.

Оценка металлоемкости будет проводиться через коэффициент использования материала. Коэффициент использования материала позволяет определить, насколько эффективно используется металл при производстве изделий или конструкций. Он вычисляется как отношение фактически использованного количества металла к теоретически необходимому для изготовления изделия. Чем выше значение этого коэффициента, тем более эффективно используется металл и тем экономичнее производство.

Для упрощения расчетов расходов на изготовление, учитываем следующие затраты:

- затраты на механическую обработку для формирования режущей кромки;
- затраты на обработку поверхностей под пластинами;
- затраты на установки пластин.

В качестве примера рассмотрим конструктивные решения на примере ножа длиной 900 мм. Произведем расчет основных параметров согласно вышеуказанным критериям.

Масса заготовки для цельной конструкции:

$$m_3 = m_d + m_{от}, \quad (1)$$

где, m_3 – масса заготовки, m_d – масса детали, $m_{от}$ – масса отходов.

$$m_3 = 13,14 + 3,03 = 21,17 \text{ кг.}$$

Масса заготовки для сборной конструкции:

$$m_{\Sigma} = m_{\Sigma} + m_{\text{пласт}} + m_{\Sigma} + m_{\Sigma}, \quad (2)$$

где, $m_{\text{пласт}}$ – масса твердосплавных пластин, m_{Σ} – масса крепежных деталей.

$$m_{\Sigma} = 21,17 + 5,44 + 0,7789 + 2,238 = 29,627 \text{ кг.}$$

Коэффициент использования материала находится по формуле:

$$K_{\text{им}} = \frac{m_{\Sigma}}{m_{\text{заг}}} \quad (3)$$

где m_{Σ} – масса детали, $m_{\text{заг}}$ – масса заготовки.

По формуле (3) рассчитывается коэффициент использования материала для цельной конструкции:

$$K_{\text{им}} = \frac{18,14}{21,17} = 0,857.$$

По формуле (3) рассчитывается коэффициент использования материала для сборной конструкции:

$$K_{\text{им}} = \frac{21,17}{29,627} = 0,715.$$

По данному показателю цельная конструкция с точки зрения металлоемкости является целесообразным решением как конструктивное исполнение ножа.

Определение трудоемкости деталей на стадии проектирования является важным этапом для оценки затрат и оптимизации производственных процессов. Для этого можно использовать различные методы. В нашем случае по рекомендациям источников [12–14] применяем ускоренные методы определения трудоемкости деталей новых изделий.

Для определения трудоемкости изготовления детали ножа, как изделия, изготавливаемого из различных компонентов, используем прикидочные расчеты и рассчитываем показатель трудоемкости $K_{\text{изд}}$:

$$K_{\text{изд}} = \sum_{j=1}^n K_{\text{г}j} \cdot K_{\text{с}j} \cdot P_j, \quad (4)$$

где P_j – масса деталей из материалов относящихся к j-ной группе в классификации, n – количество групп материалов, $K_{\text{с}}$ – коэффициент, учитывающий стоимость марки материала по сравнению со сталью 45, $K_{\text{т}}$ – относительный коэффициент трудоемкости, который характеризует увеличение трудоемкости изделия при ухудшении обрабатываемости материала.

Для определения величины трудоемкости по данной методике предлагается найти значение трудоемкости для серийного производства по следующему уравнению:

$$T_{\text{изд}} = 0,165 \cdot K_{\text{изд}} + 0,137 \cdot 10^{-6} 37 \cdot K_{\text{изд}}^2. \quad (5)$$

Результаты расчетов показателей трудоемкости для ножа прямой геликоидной формы приведены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты расчетов показателей трудоемкости для ножа прямой геликоидной формы

№	Показатели	Значение показателей		
		Для цельной конструкции	Для сборной конструкции	
			Тело ножа	Пластины
1	P_j	18,06	29,62	0,32
2	n	1	1	18
3	$K_{\text{с}}$	3,6	3,6	2,5
4	$K_{\text{т}}$	2,5	2,5	8,9
5	$K_{\text{изд}}$	169,042	387,683	
6	$T_{\text{изд}}$	27	64	

Для оценки трудоемкости и обоснования выбора вариантов конструктивных решений ножей исполнительного органа необходимо найти соотношение величины трудоемкости сборной конструкции к цельной:

$$\frac{T_{\text{сборн}}}{T_{\text{цельн}}} = \frac{64}{27} = 2,37 \approx 2,5$$

Соотношение величины трудоемкости сборной конструкции ножей на примере прямой геликоидной формы к цельной конструкции показывает, что сборная конструкция является в 2,5 раза более трудоемкой. Это увеличивает затраты на изготовление, сборку конструкции ножевых исполнительных органов и приведет к увеличению себестоимости конструкции в целом.

Результаты проведенных расчетов и прогнозирования трудоемкости изготовления ножа геликоидной формы учитывали объективные критерии такие, как масса снимаемого слоя, марка обрабатываемых материалов, степень технологической сложности изготовления с учетом применяемых режимов и методов обработки, способы сборки. Таким образом, по двум критериям оценки вариантов конструктивных решений ножа исполнительного органа, целесообразно выбрать цельную конструкцию ножа.

Список использованных источников:

1. Аксенов В.В. Обоснование необходимости создания исполнительного органа геолода для разрушения пород малой крепости / В.В. Аксенов, В.Ю. Садовец, Д.А. Пашков // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2016. – № 6 (118). – С. 8–15. – EDN XVKMRL.
2. Пашков Д.А. Обоснование силовых и энергетических параметров исполнительных органов геолода для разрушения мягких пород: диссертация кандидата технических наук: 05.05.06 / Бегляков Вячеслав Юрьевич. – Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева. – 2021. – 176 с.
3. Аксенов В.В. Синтез технических решений ножевого исполнительного модуля геолода / В.В. Аксенов, В.Ю. Садовец // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2006. – № 6–2 (58). – С. 33–37. – EDN KXGTZB.
4. Праведников И.С. Ускоренные методы определения трудоемкости деталей новых изделий / И.С. Праведников // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. – 2005. – № 2. – 28 с. – EDN TWWNAD.
5. Козлов И.В. Разработка методики построения твердотельной модели тела ножевого исполнительного органа геолода / И.В. Козлов, В.Ю. Садовец, Р.В. Садовец // Техника и технология горного дела. – 2022. – № 2 (17). – С. 67–86. – DOI 10.26730/2618-7434-2022-2-67-86. – EDN SXRDEM.
6. Садовец Р.В. Разработка методики построения ножа геликоидной формы исполнительного органа геолода в SOLIDWORKS / Р.В. Садовец, Е.В. Резанова // Инновации в информационных технологиях, машиностроении и автотранспорте : сборник материалов III Международной научно-практической конференции. – Кемерово : Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2019. – С. 143–147. – EDN RVSTNU.
7. Козлов И.В. Разработка методики построения твердотельной модели тела ножевого исполнительного органа геолода / И.В. Козлов, В.Ю. Садовец, Р.В. Садовец // Техника и технология горного дела. – 2022. – № 2 (17). – С. 67–86. – DOI 10.26730/2618-7434-2022-2-67-86. – EDN SXRDEM.
8. Праведников И.С. Разработка математических моделей параметров динамики трудоемкости деталей бытовой техники / И.С. Праведников, Л.Н. Касимов, Н.П. Дубасов // Проектирование, диагностика и повышение надежности бытовой техники : сб. науч. трудов – Уфа : Уфимск. технол. ин-т сервиса, 1998. – С. 65–70.
9. Праведников И.С. Моделирование и оптимизация параметров подготовки производства новых изделий в условиях малого предпринимательства / И.С. Праведников, Л.Н. Касимов // Малое предпринимательство Башкортостана: науч. тр. межвуз. конф. – Уфа : Уфимск. технол. ин-т сервиса, 2001. – С. 314–318.

ОБЗОР ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА СЛС, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОБРАЗЦОВ ИЗ ПОРОШКА ТИТАНА

*Е.В. Рожкова^а, ст. преподаватель, А.А. Сапрыкин, к.т.н, доц.
Юргинский технологический институт (филиал)*

*Национального исследовательского Томского политехнического университета
652055, г. Юрга, ул. Ленинградская, 26
E-mail: ^аbabakova@tpu.ru*

Аннотация: Последние десятилетия ведутся работы по созданию новых материалов для эксплуатации в экстремальных условиях (высокие температуры, давление, скорости, напряжения и т. д.), то есть обеспечению высокого уровня надежности, а так же экономичности изделий машиностроения. К перспективным материалам относятся титан и его соединения, благодаря их эффективной работоспособности при температурах выше 700 °С. Некоторые из интерметаллидов на основе титана используются в имплантологии, благодаря свойствам

биосовместимости, удельной прочности и эффекта памяти формы. В данной статье рассмотрен обзор параметров процесса селективного лазерного сплавления, используемых для изготовления образцов из порошка титана.

Ключевые слова: аддитивное производство, титан, селективного лазерного сплавления, параметры сплавления.

Abstract: Over the past decades, work has been underway to create new materials for operation in extreme conditions (high temperatures, pressure, speeds, stress, etc.), that is, ensuring a high level of reliability, as well as cost-effectiveness of mechanical engineering products. Promising materials include titanium and its compounds, due to their effective performance at temperatures above 700 °C. Some of the titanium-based intermetallic compounds are used in implantology due to the properties of biocompatibility, specific strength and shape memory effect. This article provides an overview of the selective laser melting process parameters used to produce samples from titanium powder

Keywords: additive manufacturing, titanium, selective laser melting, fusion parameters.

В настоящее время актуальной задачей является разработка способа получения изделия на основе титана с регламентированной пористостью и высоким комплексом механических и физических характеристик.

Одним из решений этих проблем являются нетрадиционные методы обработки, которые могут повысить использование титана в медицине. Внедрение в медицину аддитивной технологии очень перспективно, так как стоимость имплантатов, особенно индивидуальных, очень высока, а снижение сроков производства вызывает большой интерес при разработке и изготовлении новых типов имплантатов.

Различные авторы классифицируют аддитивные технологии:

- по применяемым материалам (жидкие, сыпучие, полимерные, металлопорошковые и т. д.);
- по наличию или отсутствию лазера;
- по методам подвода энергии для фиксации слоя построения (с помощью теплового воздействия, облучения ультрафиолетовым или видимым светом, посредством связующего состава и т. д.);
- по методам формирования слоя [1–4].

Принцип селективного лазерного сплавления (СЛС) заключается в формировании трехмерного изделия путем последовательного сплавления слоев порошкового материала лучом лазера по заданной программе. Качество производимых деталей методом СЛС – пористость, механические характеристики – определяются технологическими параметрами процесса: мощностью и скоростью сканирования лазерного излучения, толщиной насыпаемого слоя порошка и т. д. [5].

Исследования, касающиеся свойств титана и его сплавов, которые были получены с помощью селективного лазерного сплавления, постоянно проводятся для оптимизации производственного процесса. Наиболее интересные аспекты исследований, которые до сих пор проводились, особенно касаются влияния параметров процесса на микроструктуру, механические свойства и точность трехмерного воспроизведения. Элементы, изготовленные с использованием аддитивных технологий, также имеют нежелательную характерную слоистую структуру с высокой шероховатостью поверхности, видимой невооруженным глазом. В частности, анизотропия механических свойств является основной технологической проблемой процесса СЛС, о чем свидетельствуют авторы работы [6], которые проводили исследования на материале IN738LC. В качестве средства для устранения анизотропии сплава Ti-6Al-4V авторы работы [7] предложили использовать термическую обработку, но это дополнительные, трудоемкие и затратные этапы в процессе изготовления деталей.

Получение интерметаллидов из порошковых смесей технологией самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) затруднено из-за неконтролируемой волны горения. Авторы И.В. Шишковский, А.Л. Петров, А.Г. Макаренко впервые реализовали возможность контролировать реакцию СВС порошковых смесей точно в пятне лазерного излучения. Этими же авторами путем подбора дисперсности порошковых смесей и лазерного воздействия были подобраны режимы обработки для синтеза изделия.

Согласно ранее проведенным исследованиям можно сказать, что лазерное воздействие на порошковые материалы позволяет контролировать синтез интерметаллических соединений, которые образуются в ограниченной зоне. Тем не менее, результатов исследования детального изучения возможностей управления лазерным излучением нет [8–10].

Поиск и разработка новых технологий получения сплава титан-ниобий представляет собой актуальную задачу. Одной из таких является селективное лазерное плавление. Данная технология позволяет быстро создавать готовую деталь с заданными функциональными свойствами из порошковых материалов, любой геометрической сложности под действием лазерного излучения

В настоящий момент нет общих стандартов по которым бы контролировалось производство специализированного металлического порошка для аддитивных лазерных технологий. Каждая компания производящая подобный вид расходного материала, изготавливает металлический порошок исключительно для своих установок. Поэтому используя специализированный металлический порошок разных компаний на одной установке для селективного лазерного спекания/плавления приводит к получению готового изделия различного качества.

Чистый титан (например, ВТ1-0) и сплав Ti-6Al-4V все чаще используются в современном производстве, заменяя традиционные материалы, такие как сталь или алюминий. Титан и его сплавы широко используются для изготовления металлических имплантатов. Это связано с высокой биосовместимостью, прочностью и коррозионной стойкостью [11].

Авторы работы [12] использовали мощность лазера (50 Вт) является относительно низкой. Они утверждают, что это является предпочтительным во многих случаях по экономическим причинам и лучшей однородности структуры. При относительно низкой мощности лазера были изготовлены образцы с параметром Ra (шероховатость) в диапазоне от 9 до 10 мкм.

В работе [13] проведен анализ треков, полученных методом СЛС, из CrTi, высокая мощность и медленная скорость сканирования приводят к более широкой ванне расплава, в то время как низкая мощность в сочетании с быстрым сканированием приводит к узкому бассейну расплава. Авторы работы показали, что ширина ванны расплава увеличивается с увеличением мощности лазера и уменьшается со скоростью сканирования, остальные параметры спекания были постоянны.

Сочетая мощность лазера и скорость сканирования, увеличение плотности энергии лазера приводит к увеличению ширины ванны расплава. В таблице 1 показан обзор параметров СЛС, используемых для изготовления образцов из порошка титана.

Таблица 1

Параметры процесса СЛС, используемые для изготовления образцов из порошка титана

Название материала	Плотность энергии	Мощность л.и., Вт	Скорость сканирования	Диаметр пятна лазера	Длина волны лазера	Толщина слоя	Шаг сканирования	Источник	Примечание
Ti64		120 Вт	220 мм/с	100мкм	1060 нм	30 мкм	одиночные треки	[14]	
Ti64		110Вт	200– 600 мм/с	34мкм	1064–1100нм	50 мкм	–	[14]	
CrTi		100	150– 600 мм/с	100мкм	–	50мкм	одиночные треки	[13]	
CrTi	72,2	100Вт	385мм/с	–	–	30мкм	0,12мм	[15]	Образец пористый
CrTi	119,6	165	138	–	–	100	0,10 мм	[16]	Образец твердый (монокристалл)
CrTi	100	100	100			100	0,10 мм	[17]	Образец твердый (монокристалл)
CrTi	75	50	333	–	680	25	–	[12]	Образец твердый (монокристалл)
CrTi	360	90	100	70	1070	50	0,05 мм	[18]	Образец твердый (монокристалл)
CrTi	180	90	200	70	1070	50	0,05 мм		Образец твердый (монокристалл)
CrTi	120	90	300	70	1070	50	0,05 мм		Образец твердый (монокристалл)
CrTi	90	90	400	70	1070	50	0,05 мм		Образец твердый (монокристалл)
CrTi		42	260			30		[19]	Образец пористый
CrTi	120	165	138			100	0,10	[20]	Образец пористый

Список использованных источников:

1. Shishkovskii I.V. Selective laser sintering/melting of nitinol– hydroxyapatite composite for medical applications / I.V. Shishkovskii, I.A. Yadroitsev // Powder Metallurgy and Metal Ceramics September. – 2011. – Volume 50. – P. 275–283.
2. Mazzoli A. Selective laser sintering in biomedical engineering / A. Mazzoli // Medical & Biological Engineering & Computing. – 2013. – Vol. 51, №. 3. – P. 245–256. – URL: <http://doi.org/10.1007/s11517-012-1001-x> (дата обращения: 10.04.2024). – Текст: электронный.
3. Investigation of Aging Processes of Ti-6Al-4 V Powder Material in Laser Melting / V. Seyda, N. Kaufmann, C. Emmelmann // Physics Procedia. – 2012. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1875389212025849> (дата обращения 14.04.2024). – Текст: электронный.
4. Biomedical applications of titanium and its alloys / C.N. Elias, J.H.C. Lima, R. Valiev [et al.] // JOM. – 2008. – № 60. – P. 46–49. – Doi: <https://doi.org/10.1007/s11837-008-0031-1>.
5. Revival of pure titanium for dynamically loaded porous implants using additive manufacturing / R. Wauthle, S.M. Ahmadi, S. Yavari Amin [et al.] // Materials Science and Engineering. – 2015. – Volume 54. – P. 94–100.
6. Synthesis of Ti-5Al, Ti-6Al-7Nb, and Ti-22Al-25Nb alloys from elemental powders using powder-bed fusion additive manufacturing / I. Polozov, V. Sufiiarov, A. Popovich [et.al.] // J. Alloy. Compd. – 2018. – 763. – P. 436–445. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2018.05.325>(дата обращения 14.04.2024). – Текст: электронный.
7. Aydogmus T. Processing of porous β -type Ti74Nb26 alloys for biomedical applications / T. Aydogmus, D. Kareem, H. Palani, F. Kelen // Journal of Alloys and Compounds. – 2021. – № 872. – 159737. – Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2021.159737>.
8. Manufacture by selective laser melting and mechanical behavior of commercially pure titanium / H. Attar, M. Calin, L.C. Zhang, S. Scudino [et al.] // Materials Science and Engineering. – 2014. – P. 170–177.
9. Densification behavior, microstructure evolution, and wear performance of selective laser melting processed commercially pure titanium / D. Gu, Y.-C. Hagedorn, W. Meiners [et al.] // Acta Materialia. – 2012. – Volume 60. – P. 3849–3860.
10. Mechanical behavior of porous commercially pure Ti and Ti-TiB composite materials manufactured by selective laser melting / H. Attar, L. Lober, A. Funk [et al.] // Materials Science and Engineering. – 2015. – P. 350–356.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА «КОМПАС-3D V21 » ДЛЯ РАЗРАБОТКИ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ ВЫПОЛНЕНИЯ СВАРОЧНЫХ РАБОТ

Д.П. Ильященко^{1,2,a}, к.т.н, доц., Е.В. Лаврова³, д.т.н., проф., Н.В. Гуров⁴
*¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, г. Томск, пр. Ленина, 30*
*²Институт физики прочности и материаловедения СО РАН
634055, г. Томск, пр. Академический, 2/4*
*³Приазовский государственный технический университет
г. Мариуполь, ул. Университетская 7*
⁴ООО Газпром трансгаз Томск, 634029, г. Томск, пр. Фрунзе, 9
E-mail: ^a mita8@tpu.ru

Аннотация: В данной статье произведена оценка использования программного комплекса «КОМПАС-3D V21 » для разработки новых технологических карт выполнения сварочных работ.

Ключевые слова: конструктивные элементы подготовки кромок, сварной шов, ручная дуговая сварка

Abstract: This article evaluates the use of the КОМПАС-3D V21 software package for the development of new technological maps for welding operations.

Keywords: structural elements of edge preparation, weld seam, manual arc welding

Согласно распоряжению Правительства Российской Федерации от 02.12.2021 г. № 3427-р, «целью цифровой трансформации является обеспечение эффективной информационной поддержки участников образовательных отношений в рамках организации процесса получения образования и управления образовательной деятельностью» [1]. Согласно этому документу «задачами цифровой трансформации являются: повышение эффективности процессов функционирования организаций, осуществляющих образовательную деятельность; предоставление равного доступа к качественному верифицированному цифровому образовательному контенту и цифровым образовательным сервисам на всей территории Российской Федерации всем категориям обучающихся; формирование набора сервисов с единой точкой доступа к цифровым образовательным ресурсам, направленным на повышение уровня цифровой культуры».

Выполнение технологических операций получения неразъемного соединения элементов магистрального газо-нефтепровода осуществляется с использованием разработанных технологических карт. Согласно прилагаемому эталонному образцу СТО Газпром 15-1.1-002-2023, одним из элементов является отображение параметров разделки кромок и сварного шва (рисунок 1).

Широкий спектр выбора параметров разделки позволяет подобрать интересующий конструктив под конкретное сварное соединение. При этом имеется возможность проверки и редактирования стандартного обозначения швов, выполняемого согласно ГОСТ 2.312-72 (Единая система конструкторской документации (далее – ЕСКД), ISO 2553:1992 (DIN 22553-1997) [2]. Это необходимо для дополнительного контроля со стороны разработчика операционно – технологической карты (далее – ОТК).

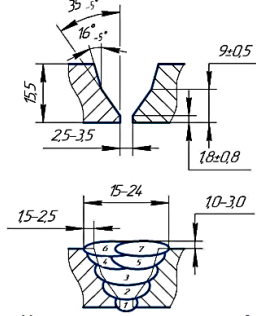
ТИПОВАЯ ОПЕРАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА										
сборки и ручной дуговой сварки всех слоев шва электродами с основным видом покрытия неповоротных кольцевых стыковых соединений труб										
Организация		Наименование объекта				Способ сварки		Конструктивные элементы сварных соединений		Шифр карты
Организация		Наименование объекта				РД		труба + труба		шифр карты
Характеристика труб						Предварительный подогрев		Параметры разделки кромок и сварного шва		Сварочные материалы
Номер ТУ	Диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Класс прочности	Нормативный предел прочности, МПа	Эквивалент углерода, %	C _{пв}	C _{срв}	Предварительный подогрев до температуры +100 ^{±30} °С при любой температуре окружающего воздуха		Электроды: корневой слой шва: заполняющие и облицовочный слой шва:
Труба ТУ										

Рис. 1. Форма типовой операционной технологической карты сборки и ручной дуговой сварки всех слоев шва электродами с основным видом покрытия неповоротных кольцевых стыковых соединений труб

Форма ОТК, в зависимости от отрасли и направленности применения, может быть немного менее стандартизированным документом, чем конструкторский чертеж. Тем не менее, в документе должна сохраниться четкая последовательность и полнота технологических операций, каждое значение параметров разделки кромок, количество слоев (проходов) и размеров шва должны соответствовать НТД на выполнение данного сварного соединения.

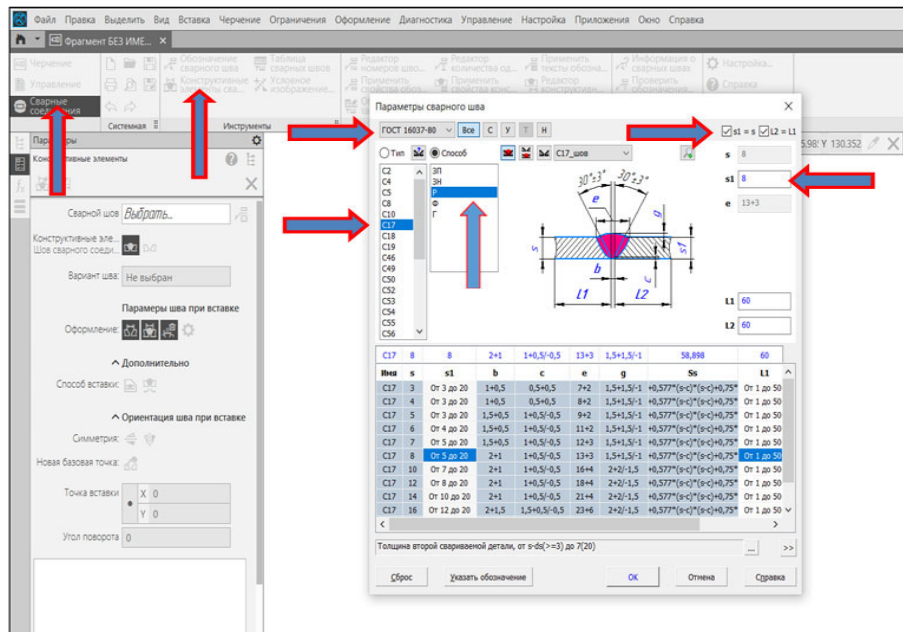


Рис. 2. Окно выбора параметров программы «КОМПАС-3D v21»

После настройки стандартных обозначений и конструктивных элементов сварного шва (рисунок 3, а) необходимо вручную отобразить на эскизе соединения следующие дополнительные элементы:

Количество слоев и порядок выполнения проходов сварного шва;

Подварочный слой шва (при необходимости с учетом диаметра трубы и технологии сварки, в случае наличия доступа изнутри) [3];

Параметры внутреннего скоса кромки (при выполнении разнотолщинных сварных соединений).

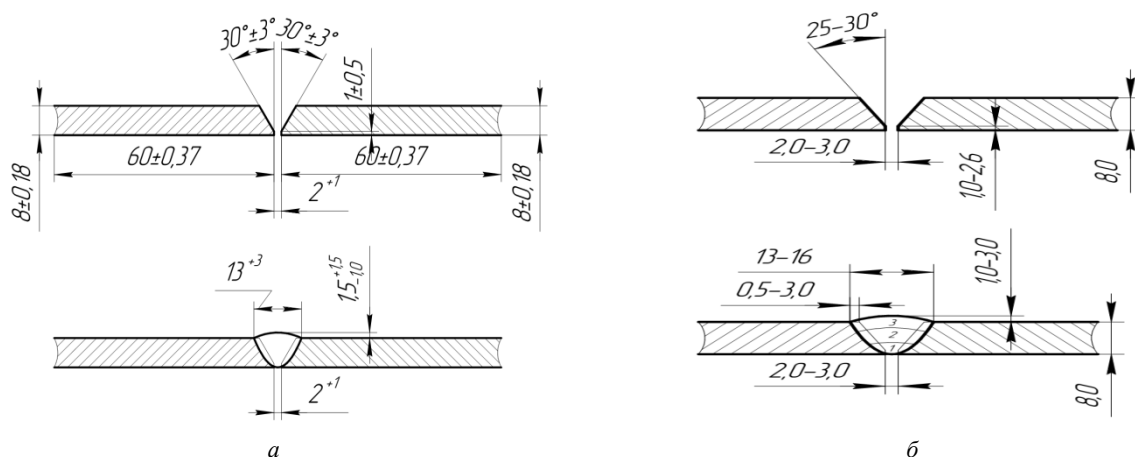


Рис. 3. Конструктивные элементы и размеры сварного соединения: а – С17 (ГОСТ 16037-80, выполненного методом РДС) полученные с использованием шаблона; б – труба $\varnothing 219 \times 8$ мм с разделкой кромок по форме Тр-1, выполненного методом РДС (СТО Газпром 15-1.1-002-2023)

На первом этапе, после введения заданных параметров сварного соединения, программой генерируется эскиз, соответствующий требованиям ГОСТ 16037-80. Информация в виде выносных элементов, размеры с указанием пределов и отклонений не всегда удобны для быстрого восприятия в процессе ознакомления с ОТК. Поэтому требуется дополнительная корректировка визуальных элементов эскиза, удаление лишних данных, а также приведение его в соответствие требованиям актуальной нормативной документации по технологиям сварки (рисунок 3, б).

Отдельно следует пояснить важность корректного указания числа требуемых проходов сварного шва. Аттестованная технология сварки – технология сварки, прошедшая аттестацию и имеющая документ (свидетельство) установленного образца о готовности организации – заявителя к использованию аттестованной технологии сварки в соответствии с требованиями федеральных норм и правил в области промышленной безопасности на опасных производственных объектах и/или иных нормативных правовых актов и действующих нормативных документов в области сварочного производства для соответствующей [3]. Аттестация технологии проводится в соответствии с технологической картой, специально разработанной для данной процедуры. Понятие «соблюдение технологии сварки» подразумевает под собой разработку типовых ОТК с соблюдением основных параметров режимов в рамках установленной области аттестации, в пределах режимов технологической карты, представленной на аттестации.

Конечный результат (эскиз) в составе операционно – технологической карты показан на рисунке 4.

При использовании описанного способа при создании операционно – технологических карт сборки и сварки разработанная база будет расти, это упростит и ускорит работу, позволит оперативно подбирать и корректировать эскизы под параметры разделки кромок.

Способ не лишен недостатков – в программе нет возможности применения подобного метода разработки эскиза для способов сварки в специальную (зауженную) разделку кромок по СТО Газпром 15-1.1-002-2023, применяемую при автоматизированных способах сварки. Но при наличии базовых навыков работы в «КОМПАС – 3D-21» это можно исправить, взяв за основу имеющиеся эскизы и откорректировав некоторые графические элементы.

Вывод

Компьютерные технологии являются важным инструментом создания современных технических объектов. Все более широкий круг предметов и явлений становятся объектами компьютерной симуляции.

Она присутствует во всей инженерной деятельности. В настоящее время компьютерные технологии позволяют широко применять не только стандартные программы, но и комплекс специализированных компьютерных технологий.

ОПЕРАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА										
сборки и ручной дуговой сварки электродами с основным видом покрытия неповоротных кольцевых стыковых сварных соединений труб										
Организация		Наименование объекта			Способ сварки		Конструктивные элементы сварных соединений		Шифр карты	
ООО «Газпром трансгаз Томск»		ГРС «Юрга»			РД		Труба + Труба		ОТК-1	
Характеристика труб и элементов					Предварительный подогрев		Параметры разделки кромок и сварного шва		Сварочные материалы	
Номер ТУ, ГОСТ, марка стали	Диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Класс прочности	Нормативное значение временного сопротивления при разрыве, МПа	Нормативный эквивалент углерода, (С _{экв}) %				Электроды с основным видом покрытия: - LB-52U, ОК 53.70 (тип Э50А по ГОСТ 9467-75) Ø 2,6-2,5; 3,0-3,25мм – для сварки корневого слоя шва; - ОК 53.70 (тип Э50А по ГОСТ 9467-75) Ø3,0-3,25; мм – для сварки заполняющего и облицовочного слоев шва	
Труба ТУ 14-159-1128-2008	219	8,0	K48	≤471	≤0,41	Предварительный подогрев кромок перед сваркой +50 [±] 5°С. Ширина зоны равномерного нагрева не менее 150 мм (не менее 75 мм в каждую сторону от свариваемых кромок)				
Труба ТУ 14-159-1128-2008	219	8,0	K48	≤471	≤0,41	Минимальное количество слоёв – 3				
Параметры режимов сварки					Дополнительные требования и рекомендации					
Слой шва	Марка электрода	Диаметр, мм	Сварочный ток, А			1. Сборку выполнять на наружном центраторе с выполнением прихваток в количестве не менее 2-х длиной по 20-30 мм каждая. Режим сварки - как для корневого слоя шва. 2. Направление сварки при выполнении всех слоёв – «на подъем». 3. Оборудование для предварительного подогрева (просушки) должно обеспечивать целостность изоляционного покрытия труб. 4. Приварка сборочных приспособлений к телу трубы – запрещена. 5. Снимать наружный центратор разрешается после сварки не менее 60% длины корневого слоя шва. 6. При выпадении атмосферных осадков или силе ветра более 10 м/сек, производить сварочные работы без инвентарных укрытий запрещается. 7. Максимальная температура должна составлять не менее +50°С и не более +250°С. В случае остывания сварного соединения ниже +50°С произвести сопутствующий подогрев до температуры предварительного подогрева. 8. Возбуждение дуги при сварке следует выполнять только на поверхности разделки свариваемых кромок или ранее выполненном сварочном слое. Запрещается зажигать дугу на поверхности металла труб. Не				
Корневой	LB-52U; ОК 53.70	2,6-2,5; 3,0-3,25	80-90; 90-120	70-90; 90-110	70-80; 80-110					
Заполняющие	ОК 53.70	3,0-3,25	100-120; 130-180	90-100; 110-170	80-110; 110-150					
Облицовочный	ОК 53.70	3,0-3,25	80-90; 90-120	70-90; 90-110	70-80; 80-110					

ОТК-1

1стр. из 3стр.

Рис. 4. Операционно-технологическая карта сборки и ручной дуговой сварки труб Ø219х8 мм

Список использованных источников:

1. Об утверждении стратегического направления в области цифровой трансформации образования, относящейся к сфере деятельности Министерства просвещения РФ: Распоряжение Правительства РФ № 3427-р от 2 декабря 2021 года: сайт. – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/403075723/> (дата обращения: 25.04.2024). – Доступ из справ. -прав. системы Гарант. – Текст: электронный.
2. КОМПАС-3D: Каталог: Сварные швы : сайт. – URL: <https://kompas.ru/kompas-3d/application/machinery/katalog-svarnye-shvy/> (дата обращения: 25.04.2024). – Текст: электронный.
3. СТО Газпром 15-1.1-002-2023 Сварка и неразрушающий контроль сварных соединений. Технологии сварки промышленных и магистральных трубопроводов.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ОСАЖИВАНИЯ ОБРАЗЦОВ В ЗАКРЫТОЙ ПРЕСС-ФОРМЕ НА СТРУКТУРУ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СПЕЧЁННОГО СПЛАВА AL-7FE-38SN

Н.М. Русин¹, к.т.н., с.н.с., А.Л. Скоренцев^{1,2,а}, к.т.н., н.с., В.Е. Лихарев^{1,2}, лаборант

¹Институт физики прочности и материаловедения СО РАН

634055, г. Томск, пр. Академический, 2/4

²Национальный исследовательский Томский политехнический университет

634050, г. Томск пр. Ленина, 30

E-mail: skoralexan@mail.ru

Аннотация: Исследована структура и механические свойства спечённого композита Al-7Fe-38Sn до и после егоковки в закрытом штампе при 200–350 °С. Установлено, что его структура состоит из алюминиевой матрицы, по границам зёрен которой располагаются Sn включения и скопления цементированных оловом частиц Al₃Fe.

Испытания показали, что указанная обработка существенно повышает предел текучести композита за счёт деформационного упрочнения алюминиевой матрицы. Пластичность материала при этом остается высокой, а форма и размеры агломератов из твёрдых частиц менялись незначительно.

Ключевые слова: ковка с переменной оси осаживания, алюмоматричный композит, спекание, структура.

Abstract: The structure and mechanical properties of sintered Al-7Fe-38Sn composite before and after its forging in a closed die at 200-350 °C were investigated. It was found that its structure consists of an Al matrix, along the grain boundaries of which Sn layers and clusters of tin-cemented Al₃Fe particles are located. Tests have shown that the indicated treatment significantly increases the yield strength of the composite due to strain hardening of the Al matrix. At the same time, the plasticity of the material remains high, and the shape and size of the agglomerates of hard particles change slightly.

Keyword: aluminum matrix composite, sintering, structure, mechanical properties.

Введение. ГОСТ 14113–78 относит алюминиевые сплавы с оловом к антифрикционным из-за высокого давления схватывания их со сталью, достигающего максимальной величины при концентрации олова около 40 % масс. [1–4]. Олово не растворяется в твёрдом алюминии и при охлаждении расплава выпадает в виде тонких прослоек на поверхности растущих алюминиевых зёрен, тем самым, уменьшая число и протяжённость их совместных границ. Поскольку олово в обычных условиях не упрочняется, то, чем разветвлённей сеть его прослоек, тем больше вероятность локализации в них деформации при нагружении сплава. Толщина прослоек в полосе локализации сдвига резко уменьшается, и ресурс их пластичности снижается.

Чтобы уменьшить интенсивность локализации пластического течения в сплавах Al-Sn, между зёрнами матрицы наряду с оловом размещают твёрдые частицы. Например, в работе [5] с этой целью использовали порошки железа. Оказалось, однако, что олово при растекании по прессовке не только смачивает указанные порошки, но и доставляет к их поверхности растворённые атомы алюминия, которые диффундируют в частицы железа с образованием алюминида Al₃Fe. Поскольку в нём на каждый атом железа приходится 3 атома алюминия, то объём, занимаемый новой фазой, почти в 4 раза превосходит исходный объём порошинок железа. Под действием диффузионных и концентрационных напряжений алюминид железа растрескивается, и в результате на месте порошинок железа образуются скопления (агломераты) твёрдых частиц, промежутки между которыми заполнены оловом [5].

Оказалось, что агломераты твёрдых частиц являются довольно прочными образованиями, сохраняющими своё местоположение и объём даже при нагреве прессовки выше 660 °C. Единственное изменение их структуры при высокотемпературном отжиге заключается в укрупнении составляющих агломераты частиц Al₃Fe за счёт механизма перекристаллизации атомов Fe через жидкую фазу. При испытании спечённых образцов на сжатие форма агломератов также практически не меняется, поскольку окружающая алюминиевая матрица начинает их обтекать при относительно низком напряжении. То есть, распределение частиц Al₃Fe в спечённом композите неоднородное, и это приводит к неоднородному распределению деформации по объёму образцов и ухудшению их механических свойств.

Целью настоящей работы является исследование особенности воздействия на форму агломератов из частиц Al₃Fe и прочность композита напряжений, возникающих при обработке спечённых композиционных образцов состава Al-Fe-Sn давлением в закрытой пресс-форме при повышенной температуре.

Материалы и методика эксперимента. В качестве образцов для прессования использовались брикеты размером 20x20x10 мм, полученные спеканием смеси элементарных порошков Al марки АСД-1, Sn марки ПО2 и Fe марки ПЖ-4. Состав смеси, % масс: Sn – 38, Fe – 7, Al – остальное. Спекание осуществляли в вакуумной печи марки СНВЭ при остаточном давлении газов не выше 10⁻² Па. Температура спекания – 620 °C, время выдержки – 1 час. Спечённые брикеты нагревались до температуры ковки и доуплотнялись в исходной пресс-форме под давлением 300 МПа.

Затем уплотнённые образцы смазывались по торцам графитом, устанавливались на ребро в канале пресс-формы и нагревались вместе с ней до заданной температуры: 200, 250, 300 и 350 °C. В конце осадки (ковки) образцы полностью заполняли канал пресс-формы, то есть, снова обретали исходные размеры. Это позволяло в дальнейшем подвергать их многократному прессованию в заданных условиях. Величина испытанной материалом деформации (δ) при однократной осадке образцов составляла $\delta = 50\%$.

Прессованную заготовку вынимали из пресс-формы и из неё вырезали образцы для испытаний на сжатие размером 5x5x10 мм. Сжатие осуществляли на машине Instron-1185, скорость осаживания образцов составляла 0,5 мм/мин. Для каждой точки проводили не менее трех испытаний.

Шлифы для исследования структуры композита готовили путём шлифования поверхности наждачной бумагой с убыванием размера абразивных частиц, затем полировали на сукне с нанесённой алмазной пастой. Полированные поверхности подвергались травлению в 4 % растворе азотной кислоты в спирте, а затем промывались в виброранне со спиртом.

Исследование структуры проводили с помощью оптического AXIOVERT-200MAT (Zeiss, Германия) и растрового электронного LEO EVO 50 (Zeiss, Германия) микроскопов, предоставленных ЦКП «НАНОТЕХ» ИФПМ СО РАН.

Результаты и их обсуждение. Структура спечённого композита после его доуплотнения при 250 °С и последующего испытания на сжатие приведена на рис. 1. Видно, что после спекания материал состоит из алюминиевой матрицы, на границах зёрен которой располагаются тонкие оловянные прослойки и относительно компактные скопления (агломераты) частиц Al_3Fe , окружённых и пропитанных оловом.

Образцы при испытаниях на сжатие сохраняли исходную форму, следовательно, деформация по объёму материала распределялась равномерно, и материал тёк во все стороны от оси сжатия. Осадка образцов при сжатии составляла $\delta \sim 18\text{--}20\%$. В результате зёрна матрицы и зацементированные между ними оловянные прослойки вытягивались в направлении действия максимальных сдвигающих напряжений. Тогда как форма агломератов в результате сжатия образцов практически не менялась по причине недостаточной величины действующего на них напряжения со стороны алюминиевой матрицы. Видно, что окружающий агломераты материал матрицы их обтекает, не вовлекая в пластическую деформацию (рис. 1, б). Отчасти этому способствует и тот факт, что агломераты окружены оловом, которое выступает в качестве твёрдой смазки между ними и поверхностью зёрен матрицы. То есть, сцементированные твёрдым оловом частицы Al_3Fe образуют прочные агломераты, которые в объёме матрицы Al-Sn ведут себя как цельные крупные образования.

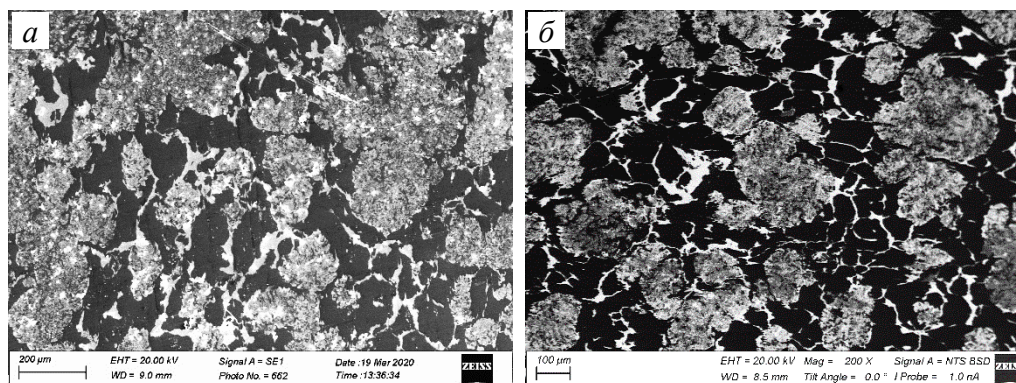


Рис. 1. Структура спечённого композита Al-7Fe-38Sn (а) и после его испытания на сжатие (б).
Направление сжатия – вертикальное

Влияние температуры однократного горячего прессования (ковки) образцов трёхфазного композита Al-7Fe-38Sn на его механические свойства отражено в табл. 1. Здесь же для сравнения приводятся данные, иллюстрирующие влияние температуры прессования на механические свойства двухфазных композитов с близким по объёму содержанием второй фазы.

Таблица 1

Влияние температуры горячего прессования (ГП) на механические свойства
спечённых композитов на основе алюминия. $\delta = 50\%$.

Состав	Режим: $T_{СП}+T_{ГП}$	$T_{ГП}, ^\circ C$											
		200	250	300	350	200	250	300	350	200	250	300	350
		$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$				$\sigma_B, \text{МПа}$				$\delta(\sigma_B), \%$			
Al	640+ГП	108		111	83	136		139	116	12		15	20
Al-10Fe	680+ГП	88		142		144		168		30		7	
Al-40Sn	600+ГП		55	69			65	89			3	17	
Al-7Fe-38Sn	710 (обж)	90	99	98	83	119	115	116	130	15	7	7	28
	710+ГП	102	98	100	90	131		133	135	14		21	27

При прессовании образца в закрытой пресс-форме по используемой схеме плоскостью течения материала является плоскость, такая же, как и при РКУП [6, 7], проходящая через ось осадки и перпендикулярное ей направление истечения материала. При этом в плоскости действуют не одна, как при простом сдвиге, а пересекающиеся её две системы плоскостей сдвига, материал между которыми вытягивается в направлении истечения и сжимается в перпендикулярном ему направлении, то есть реализуется схема чистого сдвига. Испытанную материалом деформацию сдвигом (γ) можно оценить, как $\gamma = \text{tg}(a/h)$, где a – абсолютный сдвиг, и h – расстояние между плоскостями сдвига. В нашем случае величина $a/h = 0,5$ и $\gamma \approx 0,55$.

Единственной способной к деформационному упрочнению фазой в композите Al-7Fe-38Sn является алюминий, и величина его предела текучести ($\sigma_{0,2}$) в отлитом или спечённом состоянии не выше 60 МПа. Гомологическая температураковки алюминия в закрытой пресс-форме составляла 0,5–0,6 $T_{пл}$, поэтому подвижность дис-

локаций в зёрнах была высокая, и часть их успевала в процессе обработки уйти на стоки и аннигилировать или перестроиться в более равновесные конфигурации. Тем не менее, из приведённых в табл. 1 данных следует, что условный предел прочности (σ_B) алюминиевых образцов после осаживания их в закрытом штампе на $\delta = 50\%$ при температуре 200–300 °С имеет высокое значение $\sigma_{0,2} \approx 110$ МПа. Это означает, что во время высокотемпературнойковки спечённых образцов в закрытой пресс-форме при данной температуре в алюминиевых зёрнах интенсивно накапливаются дислокации, а динамический возврат протекает недостаточно быстро. Величина $\sigma_{0,2}$ снижается до ~ 80 МПа только у обработанного при 350 °С алюминия из-за большей скорости динамического возврата при данной температурековки. При охлаждении материала до комнатной температуры внесённые дислокации также не успевают аннигилировать или уйти на стоки, большая их часть остаётся в зёрнах.

Благодаря динамическому возврату, плотность дислокаций в зёрнах горячепрессованного алюминия далека от максимальной и может повышаться при дальнейшей пластической обработке алюминия в обычных условиях. Например, напряжение течения образцов при испытаниях на сжатие возрастает на ~ 30 МПа. Правда, для достижения указанной степени упрочнения σ_B деформация алюминиевого образца должна быть тем больше, чем выше была температура егоковки в закрытом штампе. Это обусловлено меньшей дислокационной плотностью в зёрнах образцов, обработанных при высокой температуре, на что указывает меньшее значение $\sigma_{0,2}$ и, как следствие, большей длиной свободного пробега дислокаций в деформируемых зёрнах.

Если в порошок алюминия добавить 10 % порошка железа и полученную смесь спечь, то получим композит с алюминиевой матрицей, наполненной большим количеством твёрдых алюминидов железа Al_3Fe . Жидкая фаза появляется здесь только при спекании выше температуры плавления алюминия. Расплав обволакивает частицы Al_3Fe , и в результате мы получаем композит, содержащий примерно ту же объёмную долю агломератов из частиц алюминидов железа, что и в исследуемом композите Al-7Fe-38Sn, только сцементированных алюминием, а не оловом (рис. 2). Упрочняющейся фазой здесь также является алюминий. Спечённые брикеты были однократно осажены на 50 % при 200 и 300 °С в закрытой пресс-форме, а затем из них вырезали образцы для испытаний на сжатие.

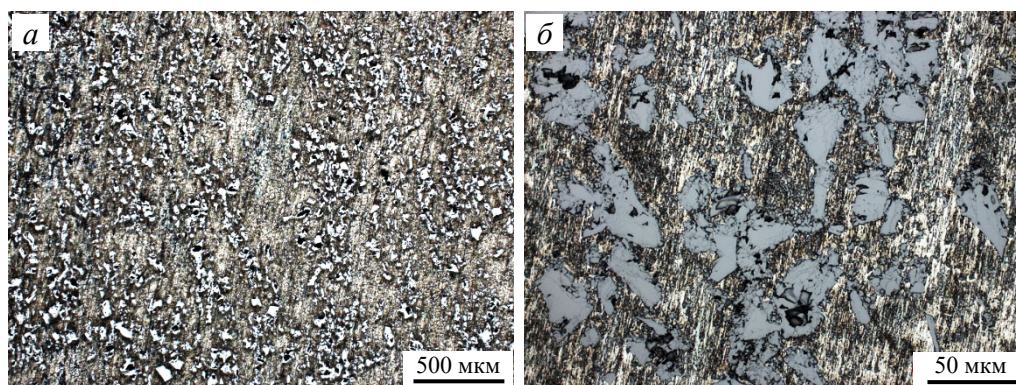


Рис. 2. Структура подвергнутого однократной ковке (300 °С) композита Al-10Fe при малом (а) и большом (б) увеличении

Было установлено, что у обработанных при 300 °С образцов $\sigma_{0,2} = 142$ МПа, что на 30 МПа выше, чем у чистого алюминия после такой же обработки.

То есть, при осаживании образцов в закрытой пресс-форме при высокой температуре частицы Al_3Fe препятствовали пластическому формоизменению алюминиевых зёрен и усиливали неоднородность их течения. Мягкие зёрна алюминиевой матрицы их огибали, испытывая, в результате, большую деформацию и накапливали большее количество дислокаций, что привело к росту $\sigma_{0,2}$. В случаековки сплава при 200 °С, агломераты из частиц по прочности были близки к окружающей их матрице и меняли форму под её воздействием. В результате, зёрна алюминиевой матрицы испытывали меньшую деформацию, что отразилось на меньшей величине $\sigma_{0,2}$. Более однородное распределение деформации при ковке при 200 °С сопровождалось вытягиванием агломератов твёрдых частиц в направлении течения материала и формированием слоистой структуры. При сжатии откованного образца при комнатной температуре деформация локализовалась в матрице между вытянутыми агломератами, и зёрнам не приходилось их обтекать. Пластичность композита сохранялась высокой, и образцы при сжатии можно было деформировать на 30%, что привело к упрочнению матрицы на 56 МПа, тогда как в кованных при 300 °С образцах с неупорядоченной структурой течение зёрен матрицы было неоднородным, что привело к снижению пластичности образцов при сжатии и их упрочнению только на 26 МПа.

При введении в спечаемый алюминий олова, оно плавится и растекается по границам зёрен. Если в предыдущем случае зёрна разделяли многочисленные агломераты из твёрдых частиц, которые не касались

друг друга, то в сплаве Al-40Sn оловянные прослойки образовывали непрерывную разветвлённую сеть, переплетённую с алюминиевым каркасом. Испытания на сжатие показали, что предварительная пластическая обработка спечённого сплава при 250 и 300 °С не привела к значительному росту величины $\sigma_{0,2}$. Во время прессования в закрытом штампе олово находилось в жидком состоянии и выступало в качестве смазочного материала между скользящими Al зёрнами.

В процессе формирования в плоскости течения структуры с наименьшим сопротивлением сдвигу, Al зёрна смещались и меняли свою форму (рис. 3). Напряжение течения в них при 250 °С было выше, чем при 300 °С, поэтому перестройка структуры происходила большей частью за счёт взаимного смещения зёрен, тогда как напряжение течения Al при высокой температуре было ниже, и перестройка структуры композита сопровождалась значительной деформацией зёрен (рис. 3, б). Для такого изменения формы зёрен в них накапливались геометрически необходимые дислокации, и это привело к тому, что значения $\sigma_{0,2}$ у такого образца было выше, чем у образца послековки при 250 °С (табл. 1).

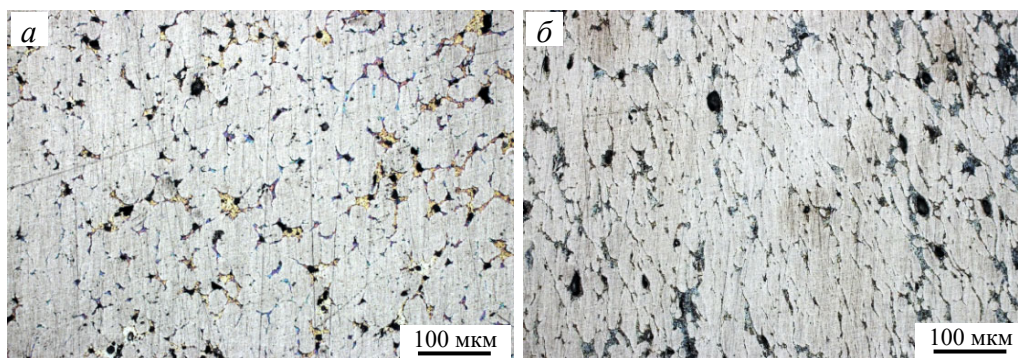


Рис. 3. Структура композита Al-40Sn, подвергнутого однократной ковке при 250 °С (а) и 300 °С (б)

Смещение зёрен как целого при ковке при низкой температуре сопровождалось утончением оловянных прослоек на многих границах. Ресурс пластичности таких прослоек снижался, и при испытаниях образцов на сжатие они быстро разрушались. Допустимая величина деформации до начала разрушения $\delta(\sigma_B)$ образцов с тонкими прослойками составила всего 3 %, зёрна при этом смогли упрочниться только на 10 МПа. Прослойки в образцах, откованных при 300 °С, были толще и выдерживали до разрушения большую деформацию $\delta(\sigma_B) = 17$ %. Деформационное упрочнение Al зёрен в таких композитах к концу испытания на сжатие составило 20 МПа. Следовательно, проскальзывание зёрен матрицы вдоль разделяющих их оловянных прослоек приводит к малому их деформационному упрочнению. Это означает, что для вовлечения в деформацию при трении толстого слоя зёрен с целью уменьшения градиента деформации и снижения темпов утонения оловянных прослоек и исчерпания их ресурса пластичности, напряжение относительного сдвига зёрен в слое следует увеличить.

С указанной целью в композит Al-40Sn были добавлены порошки железа, которые располагались между алюминиевыми порошинками и в процессе спекания трансформировались в твёрдые частицы Al_3Fe . Они располагались в форме компактных агломератов, поэтому для усиления их тормозящего эффекта на смещающиеся зёрна была предпринята попытка разместить их вдоль границ более равномерно за счёт растягивания агломератов посредством воздействия на них пластического течения зёрен матрицы при различной температурековки композита Al-7Fe-38Sn в закрытой пресс-форме. Результаты влияния предварительнойковки на механические свойства материала приведены в табл. 1.

Из представленных данных следует, что предварительнаяковка в закрытой пресс-форме при 200–300 °С способствовали повышению условного предела текучести композита по сравнению с $\sigma_{0,2}$, демонстрируемым базовым сплавом после аналогичной обработки. В ходе испытаний на сжатие композит упрочнялся и величина прироста ($\sigma_B - \sigma_{0,2}$) составила примерно 30 МПа, то есть столько же, на сколько упрочнился алюминиевый образец после испытаний на сжатие. И точно также, как и в случае чистого алюминия, для достижения указанной степени упрочнения в 30 МПа деформация композиционного образца должна быть тем больше, чем выше была температура егоковки в закрытом штампе. Это указывает на то, что на величину деформационного упрочнения композита Al-7Fe-38Sn влияет степень деформации составляющих матрицу алюминиевых зёрен. Влияние характера расположения твёрдых частиц на прочность композита незначительно. Более того, наличие оловянных прослоек привело к частичной локализации деформации в них при испытании образцов на сжатие. В результате, при равной испытанной деформации упрочнение алюминиевого образца было даже выше, чем исследуемого композита, не смотря на наличие в нём твёрдых частиц. Правда, по этой же причине допустимая деформация δ испытываемых на сжатие образцов была выше, чем у чистого алюминия.

Тем более, пластичность композита оказалась существенно выше, чем у базового сплава Al-40Sn. Это свидетельствует о том, что частицы Al_3Fe сдерживают локализацию деформации в оловянных прослойках. Следовательно, можно надеяться, что наличие перемешанных с оловом твёрдых частиц на границах зёрен будет увеличивать толщину деформируемого при трении слоя и увеличивать допустимую его деформацию перед образованием частиц износа в виде отслоившихся по границам зёрен матрицы.

Заключение. Из полученных результатов следует, что в результате жидкофазного спекания смеси элементарных порошков Al, Fe и Sn формируется композит, по границам зёрен алюминиевой матрицы которого располагаются оловянные прослойки и сцементированные оловом агломераты из твёрдых алюминидов железа Al_3Fe . Агломераты сдерживают локализацию деформации в оловянных прослойках, но при этом делают пластическое течение зёрен матрицы, которые их огибают, неоднородным. Горячая ковка спечённых образцов способствует повышению их предела текучести за счёт деформационного упрочнения зёрен матрицы. Однако указанного повышения напряжения течения композиционных образцов оказывалось недостаточно, чтобы при испытании полученного материала на сжатие в пластическое течение были вовлечены частицы из агломератов. Их распределение вдоль границ зёрен матрицы оставалось неоднородным, а форма агломератов неизменной. Для вовлечения частиц из агломератов в пластическое течение матрицы необходимо повышать гидростатическое давление в прессуемом материале.

Работа выполнена в рамках реализации проекта РНФ № 23-29-00669.

Список использованных источников:

1. Буше Н.А. Подшипники из алюминиевых сплавов / Н.А. Буше, В.А. Двоскина, К.М. Раков. – М. : Транспорт, 1974. – 256 с.
2. Миронов А.Е. Влияние олова на триботехнические свойства сложнолегированных алюминиевых антифрикционных сплавов / А.Е. Миронов, И.С. Гершман, Е.И. Гершман // Трение и износ. – 2018. – Т. 39, № 5. – С. 499–506.
3. Курганова Ю.А. Универсальные триботехнические материалы на основе алюминиевых сплавов / Ю.А. Курганова // Технология металлов. – 2007. – № 8. – С. 29–32.
4. Properties of new cast antifrictional aluminum alloys / A.E. Mironov, I.S. Gershman, E.G. Kotova [and et.] // Russian Engineering Research. – 2017. – V. 37. – P. 37–39.
5. Rusin N.M. Tribological properties of sintered Al–Sn alloy doped with iron / N.M. Rusin, A.L. Skorentsev // Journal of Friction and Wear. – 2022. – V. 43, № 3. – P. 153–159.
6. Segal V.M. Equal channel angular extrusion: from macromechanics to structure formation / V.M. Segal // Materials Science and Engineering A. – 1999. – V. 271. – P. 322–333.
7. Nemoto M. Equal-channel angular pressing: A novel tool for microstructural control / M. Nemoto, Z. Horita, M. Furukawa, T.G. Langdon // Metals and Materials. – 1998. – V. 4, № 6. – P. 1181–1190.

О СВЯЗИ ДИСЛОКАЦИОННОГО И МАКРОСКОПИЧЕСКОГО МАСШТАБОВ ПРИ ПЛАСТИЧЕСКОМ ТЕЧЕНИИ ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО АЛЮМИНИЯ

*С.А. Баранникова^а, д.ф.-м.н., в.н.с., П.В. Исхакова^б, аспирант
Институт физики прочности и материаловедения СО РАН
634055, г. Томск, пр. Академический, 2/4
E-mails: ^аbsa@ispms.ru; ^бiskhakova@ispms.ru*

Аннотация: В работе исследовано деформационное поведение плоских поликристаллических образцов технически чистого алюминия, основным механизмом пластической деформации которого является дислокационное скольжение. С помощью методики спекл-фотографии в процессе одноосного растяжения анализируется кинетика макроскопических полос локализованной пластичности в температурном интервале $170 < T < 350$ К. Показано влияние температуры на стадийность диаграмм растяжения и механические свойства. Обнаружено, что пространственный период локальных деформаций увеличивается с понижением температуры. Установлена количественная связь между макроскопическим и дислокационным масштабами при растяжении Al.

Ключевые слова: локализация деформации, металлы, механические испытания, спекл-фотография.

Abstract: This work examines the deformation behavior of flat polycrystalline samples of commercially pure aluminum, the main mechanism of plastic deformation of which is dislocation slip. Using the speckle photography technique during uniaxial tension, the kinetics of macroscopic bands of localized plasticity in the temperature range $170 < T < 350$ K is analyzed. The effect of temperature on the staging of tension diagrams and mechanical properties is shown. It was found that the spatial period of local deformations increases with decreasing temperature. A quantitative relationship has been established between the macroscopic and dislocation scales during tension of Al.

Keywords: strain localization, metals, mechanical testing, speckle photography.

Введение. В последние годы все больший научный и практический интерес вызывают алюминиевые сплавы, подвергнутые большой пластической деформации при низких температурах. Причина в том, что в результате такой деформации происходит измельчение микроструктуры структуры и заметное повышение прочности [1]. Интенсивность этих процессов, помимо режимов деформирования, определяется рядом структурных факторов, в том числе зависит от степени неоднородности деформации металла [2]. Результаты многолетних исследований привели к осознанию важного факта, согласно которому проблема пластического течения неразрывно связана с его склонностью к локализации, имеющей место на всех этапах процесса [3]. По этой причине возник интерес к анализу моделей развития локализованной пластичности материалов на всех стадиях процесса, оценке количественных параметров локализованного пластического течения твердых тел, а также поиску соотношений, связывающих эти параметры с другими характеристиками пластически деформируемой среды. В работе [4] на основе уравнений дислокационной кинетики теоретически обсуждается механизм деформационного упрочнения и образования дислокационных структур в металлах при больших пластических деформациях. Количественный анализ данных для алюминия показывает, что деформационное упрочнение при больших деформациях и образование фрагментированных дислокационных структур связаны с взаимодействием и самоорганизацией геометрически необходимых дислокаций. Источником таких дислокаций является локальная неоднородность пластической деформации вследствие градиента плотности дислокаций в границах дислокационных ячеек.

Подход, связывающий пластическое течение со структурообразованием, кажется очень перспективным для развития теории пластичности. На основании синергетических представлений о природе возникновения порядка в открытых системах предложена двухкомпонентная модель локализованного пластического течения и установлено, что пространственный период локализованной деформации зависит от: размера зерна деформируемого материала по логистическому закону; длины нагружаемого образца по логарифмическому закону; характерного размера дислокационной субструктуры по линейному закону [3]. И для полного понимания деформационного поведения необходимы сведения о зависимостях между дислокационными и макроскопическими масштабами пластической деформации металлов в широком температурном интервале.

Целью настоящей работы было исследование параметров макроскопической локализации пластической деформации в температурном интервале $173 \text{ K} < T < 297 \text{ K}$ и поиск соотношений, связывающих эти параметры с характеристиками дислокационных субструктур в металлах.

Материалы и методика эксперимента. Механические испытания на одноосное растяжение проводили на плоских образцах технически чистого алюминия (содержание Al – не менее 99,5 мас. %) с размером зерна 10 мкм при постоянной скорости движения подвижного захвата испытательной машины «Instron-1185».

Выбор материала исследований определялся следующими обстоятельствами: в Al легко удается изменить размер зерна за счет рекристаллизационного отжига после предварительной деформации и микромеханизмы пластической деформации хорошо исследованы в широком температурном интервале [5, 6]. Температуру испытаний поддерживали постоянной с помощью непрерывной подачи паров азота из сосуда Дьюара в рабочую камеру. Анализ распределений локальных деформаций в процессе нагружения проводили методом двухэкспозиционной спекл-фотографии [3].

Результаты и их обсуждение. Кривые пластического течения алюминия в условиях одноосного квазистатического растяжения имеют параболическую форму во всем исследуемом температурном интервале. Понижение температуры испытаний приводит к повышению прочности и снижению пластичности сплава. Показано, что вся пластическая деформация образца оказывается сосредоточенной в небольшом числе очагов локализованной деформации, которые на стадиях параболического деформационного упрочнения остаются стационарными (рисунок 1, а) и макроскопический пространственный период λ распределений компонент тензора пластической дисторсии, как среднее расстояние между максимумами локальных деформаций, растет при снижении температуры испытаний. Установлен экспоненциальный характер температурной зависимости пространственного периода распределений локальных удлинений. Более высокая температура испытания приводит к большей пластичности металла за счет более равномерной деформации, что отражается на пространственном периоде локализации деформации.

Принципиальной проблемой, возникающей при объяснении природы крупномасштабной периодичности в расположении очагов локализации деформации, является согласование макроскопического масштаба $\lambda \sim 10^{-2} \text{ м}$ с масштабом дислокационных процессов $\sim 10^{-10} \div 10^{-5} \text{ м}$. В рамках двухкомпонентной модели развития локализованного пластического течения [3] показано, что распределение макроскопических зон локализованной деформации связано с изменением геометрии акустических линз в виде дислокационных ансамблей или распределения дислокаций в них при пластическом течении. Для анализа связи дислокационного и макроскопического масштабов при пластическом течении поликристаллического Al использованы данные работы [4], в которой анализируется изменение размера ячеек дислокационной субструктуры Λ на стадиях параболического деформационного упрочнения при растяжении Al для разных температур (рисунок 1, б). Это позволило устано-

вить связь пространственного периода распределений локальных удлинений λ и размера дислокационных ячеек Λ для соответствующих температур в исследуемом интервале.

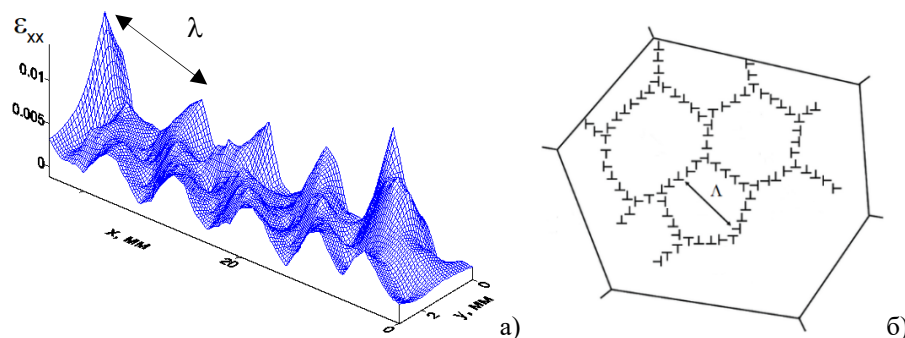


Рис. 1. Макроскопический масштаб λ для очагов локализованной пластичности при $T = 173$ К (а) и дислокационный масштаб Λ для ячеистой субструктуры (б) на стадии параболического деформационного упрочнения Al

Таким образом, в работе исследованы закономерности изменения макроскопических характеристик локализованного пластического течения от температуры испытания в интервале для на примере Al, сохраняющего высокий уровень пластичности в интервале $173 < T < 350$ К. Удалось найти естественную связь развиваемой автоволновой теории пластической деформации с теорией дислокаций на основе температурной зависимости дислокационного и макроскопического масштабов. Это обеспечивает возможность использования традиционных дислокационных моделей для объяснения механизмов, контролирующего формирование макроскопических стационарных очагов локализованной пластичности на стадиях параболического деформационного упрочнения.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИФПМ СО РАН, тема номер FWRW-2021-0011.

Список использованных источников:

1. Ma E. Eight Routes to Improve the Tensile Ductility of Bulk Nanostructured Metals and Alloys / E. Ma // JOM. – 2006. – Vol. 4. – P. 49–53.
2. Xu Z. Effects of cryogenic temperature and pre-stretching on mechanical properties and deformation characteristics of a peak-aged AA6082 extrusion / Z. Xu, H.J. Roven, Z. Jia // Mater. Sci. Eng. A. – 2017. – Vol. 679. – P. 379–390.
3. Зуев Л.Б. Физика макролокализации пластического течения / Л.Б. Зуев, В.И. Данилов, С.А. Баранникова. – Новосибирск : Наука, 2008. – 327 с.
4. Малыгин Г.А. Механизм деформационного упрочнения и образования дислокационных структур в металлах при больших пластических деформациях / Г.А. Малыгин // ФТТ. – 2006. – Т. 48, № 4. – С. 651–657.
5. Зегер А. Механизм скольжения и упрочнения в ГЦК и ГПУ металлах / А. Зегер // Дислокации и механические свойства кристаллов. – М. : ИИЛ, 1960. – С. 179–268.
6. Вигли Д.А. Механические свойства материалов при низких температурах / Д.А. Вигли. – М. : Мир, 1974. – 377 с.

ОЦЕНКА УПЛОТНЯЕМЫХ ЗАЗОРОВ СИЛОВОГО ГИДРОЦИЛИНДРА НА СТЕНДЕ

Г.Д. Буялич^а, д.т.н., проф., М.А. Бяков, аспирант, К.Г. Буялич, к.т.н., доц.
Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева
650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28
E-mail: ^аgdb@kuzstu.ru

Аннотация: приведён разработанный в КузГТУ способ определения радиальных деформаций рабочего цилиндра, а также перекосов поршня и цилиндра при внешней нагрузке в условиях стендовых испытаний, позволяющий рассчитать фактический герметизирующий зазор и оценить в этих условиях работу уплотнения.

Ключевые слова: силовой гидроцилиндр, гидростойка, деформации цилиндра, уплотнение, герметичность, герметизируемый зазор, стендовые исследования.

Abstract: a method developed at KuzSTU for determining radial deformations of the working cylinder, as well as distortions of the piston and cylinder under external load under bench testing conditions is presented, which allows calculating the actual sealing gap and evaluating the seal operation under these conditions.

Keywords: hydraulic power cylinders, hydraulic props, deformations of the cylinder, seal, leak, gap, bench research.

Одним из важнейших параметров работоспособности гидростойки механизированной крепи, которая представляет собой, по сути, силовой гидроцилиндр, является её герметичность, определяемая величиной герметизируемого зазора и конструкцией уплотнения [1–4].

Величина этого зазора зависит от различных факторов [5] при различных видах внешних нагрузок [6–8] и, в первую очередь, оказывает влияние на работу уплотняющего элемента.

Для измерения фактических уплотняемых зазоров в силовых гидроцилиндрах в заводских условиях предложен способ определения деформаций рабочих цилиндров при внецентренном приложении внешней нагрузки [9, 10].

Внецентренная нагрузка получается при установке силового гидроцилиндра на стенде в горизонтальном положении (рис. 1 и 2) под действием собственного веса за счёт зазоров между поршнем и рабочим цилиндром, образуемых полями допусков при их изготовлении.

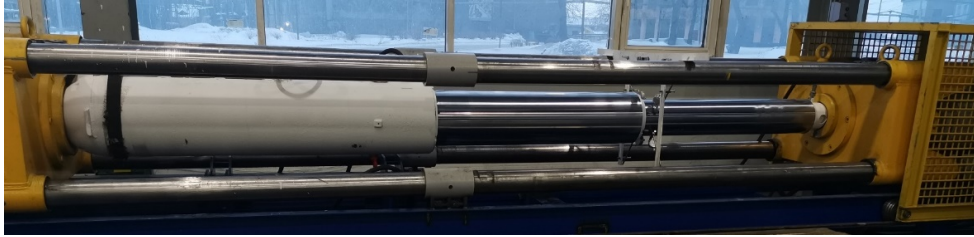


Рис. 1. Установка силового гидроцилиндра на стенде

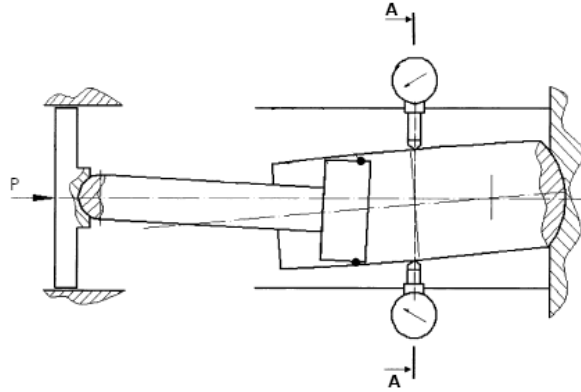


Рис. 2. Схема образования перекосов

Предлагаемый способ основан на измерении деформаций в интересующем сечении во взаимно-перпендикулярных направлениях [9], например, с помощью специально разработанного приспособления [10], использующего индикаторы часового типа (рис. 3 и 4).

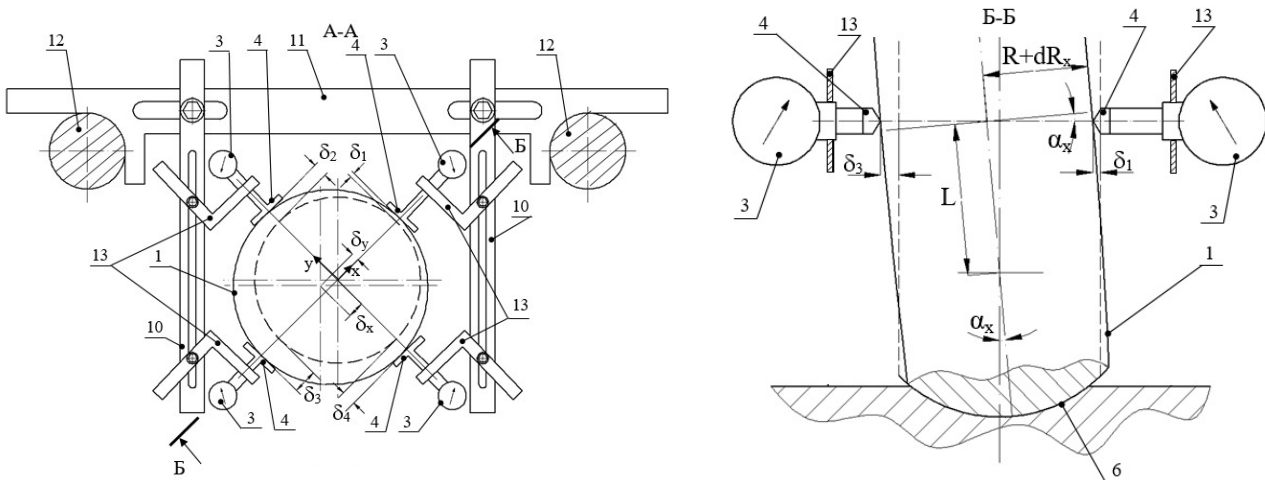


Рис. 3. Схема для определения радиальных деформаций рабочего цилиндра



Рис. 4. Установка устройства для измерения радиальных деформаций цилиндра на стенде

По результатам измерений $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4$, этими индикаторами определяются углы отклонения (перекосы) при приложении внешней нагрузки в 2-х взаимно перпендикулярных плоскостях α_x и α_y из следующих выражений:

$$\begin{aligned}\delta_1 - \delta_3 &= 2L [\sin(\alpha_x) + (1 - \cos(\alpha_x)) \operatorname{tg}(\alpha_x)] \\ \delta_2 - \delta_4 &= 2L [\sin(\alpha_y) + (1 - \cos(\alpha_y)) \operatorname{tg}(\alpha_y)],\end{aligned}$$

а величины радиальных деформаций рабочего цилиндра – по формулам

$$\begin{aligned}dR_x &= \frac{\delta_1 - L \operatorname{tg}(\alpha_x)}{\cos(\alpha_x) + \sin(\alpha_x) \operatorname{tg}(\alpha_x)}; \\ dR_y &= \frac{\delta_2 - L \operatorname{tg}(\alpha_y)}{\cos(\alpha_y) + \sin(\alpha_y) \operatorname{tg}(\alpha_y)}.\end{aligned}$$

Кроме того, абсолютные величины деформаций рабочего цилиндра dR и углы перекося α определяются из следующих выражений

$$\begin{aligned}dR &= \sqrt{dR_x^2 + dR_y^2} \\ \alpha &= \sqrt{\alpha_x^2 + \alpha_y^2}\end{aligned}$$

По максимальным величинам деформации рабочего цилиндра (его абсолютным значениям) и его перекосам с поршнем определяется максимальная величина герметизируемого зазора, по которому можно оценить степень герметичности силового гидроцилиндра или подобрать соответствующее этому зазору уплотняющий элемент (уплотнение).

Список использованных источников:

1. Radial deformations of working cylinder of hydraulic legs depending on their extension / Buyalich G.D., K.G. Buyalich, V.V. Voyevodin // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2015. – Vol. 91. – # 012087. – DOI 10.1088/1757-899X/91/1/012087.
2. Development of Powered Support Hydraulic Legs with Improved Performance / Gennady Buyalich, Maxim Byakov, Konstantin Buyalich, Egor Shtenin // E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2019. – Vol. 105 : IVth international innovative mining symposium. – # 03025. – 5 p. – URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201910503025>.
3. Буялич Г.Д. Определение деформаций рабочего цилиндра шахтной гидростойки / Г.Д. Буялич, В.В. Воеводин // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – Кемерово, 2000. – № 6. – С. 70–71.
4. Buyalich, G.D. Modeling of Hydraulic Power Cylinder Seal Assembly Operation / G.D. Buyalich, K.G. Buyalich // Mining 2014: Taishan Academic Forum. – Project on Mine Disaster Prevention and Control : Chinese Coal in the Century: Mining, Green and Safety, China, Qingdao, 17–20 October 2014. – Amsterdam. – Paris. – Beijing : Atlantis Press, 2014. – P. 167–170. – (Advances in Engineering Research, ISSN 2352-5401). – ISBN 978-94-62520-28-8.
5. Buyalich G. Factors determining operation of lip seal in the sealed gap of the hydraulic props of powered supports / G. Buyalich, M. yakov, K. Buyalich // E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2018. – Vol. 41 : IIIrd international innovative mining symposium. – # 01045. – 6 p. – DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20184101045/>.
6. Буялич Г.Д. О динамических колебаниях блока кровли при реакции крепи в виде распределенной нагрузки / Г.Д. Буялич, К.Г. Буялич, В.Ю. Умрихина // Энергетическая безопасность России. Новые подходы к развитию угольной промышленности: сб. тр. XVI Междунар. науч.-практ. конф., Кемерово, 2014. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Загл. с этикетки диска. – С. 108–110. – ISBN 978-5-902305-42-2.

7. Математическая модель процесса динамического обрушения кровли / Г.Д. Буялич, Ю.А. Антонов, К.Г. Буялич, М.В. Казанцев // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2012. – № S7. – С. 233–237.

8. О модели динамического взаимодействия крепи с кровлей / Г.Д. Буялич, Ю.А. Антонов, К.Г. Буялич, М. В. Казанцев, В. М. Римова // Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири (Сибресурс 2012) : материалы XIV Международной научно-практической конференции. – 2012. – С. 149–153.

9. Патент на изобретение 2708915. РФ, МПК E21D 15/44 (2006.01). Способ определения деформаций гидроцилиндра под нагрузкой с шарнирными опорами штока и цилиндра: № 2019121117: заявл. 03.07.2019; опубл. 12.12.2019, Бюл. № 35 / Г.Д. Буялич, М.А. Бяков, К.Г. Буялич [и др.]; патентообладатель Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т.Ф. Горбачева» (КузГТУ). – 11 с.

10. Патент на полезную модель 194767: РФ, МПК E21D 15/44 (2006.01). Стенд для определения радиальных деформаций гидроцилиндра под нагрузкой: № 2019130778: заявл. 27.09.2019; опубл. 23.12.2019, Бюл. № 36 / Г.Д. Буялич, М.А. Бяков, К.Г. Буялич [и др.]; патентообладатель Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т.Ф. Горбачева» (КузГТУ). – 10 с.

НОВЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ВОЛЛАСТОНИТА ДЛЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

*А.В. Мананков^а, д. геол.-мин. н., проф., И.А. Рахманова, ст. преподаватель
Томский государственный архитектурно-строительный университет
634003, г. Томск, пл. Соляная, 2
E-mail: ^аmav.39@mail.ru*

Аннотация. Установлена периодическо-ритмическая цикличность экономического развития. Становление постиндустриального этапа во многих отраслях машиностроения началось во второй половине XX в. Показаны мероприятия по снижению энергоемкости, металлоемкости за счет привлечения в машиностроение новых функциональных композиционных материалов на основе волластонита. Для участия страны в неизбежной модернизации отраслей машиностроения и всей экономики предлагается изучить опыт Японии и начать реализовывать научные результаты Томских университетов в области экспериментальной и технической минералогии.

Ключевые слова: волластонит, функциональные композиционные материалы, периодическо-ритмическая цикличность, экономика, материаловедение, экспериментальная и техническая минералогия.

Abstract: A periodic-rhythmic cyclicity of economic development has been established. The formation of the post-industrial stage in many branches of mechanical engineering began in the second half of the twentieth century. Measures are shown to reduce energy intensity and metal intensity by introducing new functional composite materials based on wollastonite into mechanical engineering. For the country's participation in the inevitable modernization of the mechanical engineering industries and the entire economy, it is proposed to study the experience of Japan and begin to implement the scientific results of Tomsk universities in the field of experimental and technical mineralogy.

Keywords: wollastonite, functional composite materials, periodic-rhythmic cyclicity, economics, materials science, experimental and technical mineralogy.

Введение

Периодическо-ритмическая цикличность экономического развития основана на привлечении научных достижений в области материаловедения и технической минералогии, обеспечивающих качественное совершенствование, даже рыбок технологического уровня. В историческом масштабе время ритмов непрерывно сокращается. Начиналось с целых эпох и веков – палеолит, неолит, каменный век, железный, бронзовый.

Однако в XX веке объем потребления природных ресурсов, рост промышленных отходов и населения планеты увеличивались по экспоненте. Одновременно с увеличением объемов сырья в производство вовлекались все новые виды полезных ископаемых. В начале века было освоено 52 химических элемента из известных в то время 84, в 1917 г. – 64 из 85, в 1937 г. – 73 из 89, в 1975 г. – 87 из 104, а в 90-е годы – производственное применение нашли все 104 элемента. На этом фоне экспоненциального роста был обнаружен дефицит природных ресурсов и пришло осознание серьезных экологических проблем, охватившим все отрасли, начиная с машиностроения.

Проблемы отраслей машиностроения и способы их преодоления

Для решения проблем с самого начала нового цикла появился спрос на замену металла на легкие и прочные материалы. Так, алюминий, как самый распространенный в земной коре металл, благодаря легкости, механической прочности и стойкости по отношению к действию атмосферы, воды, некоторых кислот и органических веществ, обеспечил человеку воздухоплавание. Он представляет исключительно ценный материал в самолето – авто – судостроении, для сооружения железнодорожных вагонов, машин, разнообразных технических конструкций и аппаратов. А сегодня ему на смену разрабатываются экономически более эффективные и экологически целесообразные конструкционные композиционные материалы. Композиционные материалы широко

применяются в авиации. Снижение веса, увеличение прочности, благодаря новым материалам, повышает лётно-технические характеристики ЛА и БПЛА, и позволяет минимизировать затраты на производство.

Автомобильная промышленность развитых стран на протяжении десятилетий уделяет особое внимание весу транспортных средств, поскольку вес транспортного средства напрямую влияет на динамику движения, расход топлива и экологию. По данным Министерства энергетики США, снижение веса транспортных средств на 10 % приводит к увеличению экономии топлива на 6–8 %. Повышение топливной эффективности и снижение веса являются основными факторами, вынуждающими производителей инвестировать в фундаментальные исследования и прикладную науку композитных материалов, чтобы сделать автомобили легкими и экономичными. Положения законодательства о выбросах в США и Европе вынудили производителей автомобилей ограничить уровень выхлопных газов своих автомобилей. Транспортные средства в европейском регионе начали адаптироваться к нормам Евро-6, а другие регионы (Азиатско-Тихоокеанский сегмент, Индия) также последовали этому примеру. Более высокие стандарты (которые предназначены для контроля выбросов), в свою очередь, зависят от веса транспортного средства, сгорания топлива и эффективности использования топлива. Применение композитов позволяет сократить количество транспортных средств на 25 %.

Строгие правила и нормы в отношении выбросов играют огромную роль в Северной Америке и Европе, что привело к увеличению использования композитов в автомобилях для снижения загрязнения. В легковых автомобилях наибольшая доля использования композитных материалов. Законодательные органы издают протоколы, предусматривающие включение определенного процента композитных материалов в автомобили. В связи с увеличением корпоративных требований к средней экономии топлива и ужесточением требований к выбросам транспортных средств во всем мире ожидается, что этот рынок будет расти в течение прогнозируемого периода.

Триггером для автомобилестроения в Японии стало землетрясение 1923 года. Природный катаклизм разрушил железнодорожные и трамвайные пути. Стране потребовались грузовики, автобусы и легковые машины. Изначально свои заводы недалеко от Токио построили американские компании «Форд» и «Дженерал моторс». В период Второй мировой войны производственные мощности были уничтожены бомбардировками. К 50-м годам большую часть предприятий удалось восстановить, и первый выпуск машин составил 30 000 единиц в год. Японское автомобилестроение получило развитие в 1960-х годах в эпоху японского экономического чуда. Война в Корее (между Севером и Югом) глобально отразилась на японском автомобилестроении. Армия США заказывала для своих нужд огромные партии грузовых и легковых машин «Тойота», «Ниссан», «Исудзу». Вместе с объёмом росло и качество продукции. По окончании военных действий «японский станок» было не остановить. К 1980 году «Нихон коку» обогнала Америку по количеству выпускаемых автомобилей, заняв первое место в мире.

После топливного кризиса 1973–1974 гг. экономичные японские автомобили захватили американский рынок и продолжают на нём доминировать до настоящего времени. Флагманские автоконцерны «Тойота», «Ниссан», «Хонда» и «Мазда» имеют сеть производственных мощностей в США и других уголках мира. Машины качественные и пользуются заслуженным уважением у автовладельцев любого государства. Из-за растущего спроса на экономичные автомобили, растущего сегмента легких электромобилей и попыток крупных автомобильных гигантов, таких как BMW и Nissan, заменить существующие металлические детали композитными волокнами, предполагаются новые масштабы сотрудничества. Бурно развивающиеся возможности, которые, как ожидается, предложит рынок в течение прогнозируемого периода.

Анализ размера и доли рынка автомобильных композитов Японии (2024–2029 гг.), показывает, что рынок автомобильных композитов Японии сегментирован по типу материала (термореактивный полимер, термопластичный полимер, углеродное волокно, игольчатый воластонит, стекловолокно) и применению (конструкционная сборка, компоненты силовой передачи, внутреннее, внешнее и другие применения).

Общее развитие *тяжёлой промышленности* и науки с середины XX в. напрямую повлияло на бурное развитие *электроники*, получившей массовый спрос и обеспечившей полеты в космос. Росла не только тяжелая промышленность и электроника, но и робототехника, химическая промышленность и т. д. Словом, все те отрасли, без которых построить лучший в мире автомобиль невозможно. В конце 60-х годов японские радиоприёмники и телевизоры стали лучше американских. К середине 80-х рынки Запада были забиты видеомagneитофонами и видеокамерами из Страны восходящего солнца. Япония осуществила невероятный технологический прорыв в этой отрасли. Начались разработки и изготовление более сложной техники – *компьютеров*.

Вместе с развитием электроники стремительно начала развиваться отрасль *робототехники*. Первый робот в мире был создан в Японии в середине 60-х гг. коммерческое начало производства роботов, производимых на основе высоких технологий – 1980 г. В 2004 г. на долю Японии приходилось около 45 % функционирующих в мире промышленных роботов (в абсолютных цифрах: к концу 2004 года в Японии было задействовано 356,5 тыс. промышленных роботов, на втором месте со значительным отрывом шли США – 122 тыс. промышленных роботов). Япония занимает первое место в мире по экспорту промышленных роботов, ежегодно производя более 60 тыс. роботов, почти половина из которых идет на экспорт. Сейчас эта промышленность является одной из ведущих в стране и практически не имеет конкурентов в мире. Не менее востребованы роботы оказались в быту. Уход за инвалидами и престарелыми уже практикуется в автоматическом режиме. Создаются ро-

боты, похожие на людей, которые способны выполнять функции социальных работников. Инновации очень пригодились и в медицинской отрасли. Основными разработчиками и производителями роботов являются компании Sony, Honda, Toyota, Mitsubishi Electric, Panasonic, Kawasaki и Yamaha. Правительство принимает активное участие в развитии отрасли, предоставляя изобретателям льготные условия труда.

Большая часть мирового сообщества удивлена тем, как организована промышленность Японии. Многие не могут понять, как государство средних размеров, занимающее островной архипелаг, без каких-либо залежей полезных ископаемых, уже много десятилетий находится среди лидеров мировой экономики. Надо, очевидно, кроме всего прочего, развивать материаловедение и, при этом, заниматься системным подходом для изучения динамики социально-экономических условий, с применением методов нормирования, моделирования и прогнозирования экологических последствий хозяйственной деятельности. Таким образом, японский автопром стал одним из лучших в мире не сам по себе. Плановая и продуманная работа инженеров, маркетологов и правительства сделала Японию мощнейшей автомобильной державой на долгие годы вперед, но не навсегда. Япония занимает второе место в списке экспорта автомобилей. В 2022 году Япония экспортировала более 3,1 миллиона легковых автомобилей. Это очень качественные автомобили, привлекательного внешнего вида, с большой долей в модельном ряду спортивных и люксовых машин. Не забыт и еще один важный вектор развития – надежность. Более того, она была возведена на новый уровень, подкрепляясь широкими рекламными пиар-компаниями по всему миру. Как тут не вспомнить знаменитые тесты на затопляемость автомобилей Toyota. Сверхнадежность была отличительной чертой японских машин тех лет, и даже сегодня термин «японское – значит качественное», для многих все еще актуален. В начале XXI века в этой отрасли занято около 8 млн человек. Особенностью этого периода стала массовая организация сборочных филиалов японских компаний в Азии.

Композитные материалы в машиностроении

Сегодня в машиностроении, в частности в производстве коммерческих самолетов происходит революция, и ее можно подытожить одним словом: *композиты*. Существует много веских причин для того, чтобы производители самолетов использовали композиты.

Многие композитные материалы (КМ) достигают относительно более высоких прочностных характеристик по сравнению с традиционными металлическими материалами, снижая вес самолета и, следовательно, снижая стоимость топлива на одного перевозимого пассажира. Композиты более устойчивы, чем металл, к усталости от многократных циклов взлета / посадки, что приводит к меньшему количеству дорогостоящих проверок в течение срока службы самолета и большому количеству времени, проводимого в воздухе, принося деньги.

Композит – это материал, который состоит из прочных армирующих нановолокон или наноиголок, которые заделаны в несколько более слабый материал (матрицу). Основная роль арматуры заключается в обеспечении прочности, жесткости и других механических свойств композита. Матрица или связующее помогает поддерживать положение и ориентацию арматуры и является несколько более хрупкой.

Матрица представляет собой непрерывную фазу композита. Его основная роль заключается в придании формы конструкции. Несколько типов композитов обычно используются в аэрокосмической промышленности.

Впервые композиты были разработаны и получили применение в военных самолетах во время Второй мировой войны. В настоящее время они доминируют в частных самолетах и современных коммерческих самолетах в аэрокосмической промышленности. В зависимости от состава арматуры выделяется три наиболее распространенных типа композитов: КМ усилены стекловолокном, КМ усилены углеродным волокном и КМ усилены арамидным волокном. В каждом типе КМ есть подтипы, которые обеспечивают широкий спектр композитов. FIBERGLASS представляет собой армированный волокном полимер, изготовленный из пластиковой матрицы, армированной тонкими волокнами из стекла. Это легкий, чрезвычайно прочный материал. Хотя прочностные свойства несколько ниже, чем у углеродного волокна, и он менее жесткий, материал, как правило, гораздо менее хрупкий, а сырье намного дешевле. Укрепленный углем полимерный полимер является чрезвычайно прочным и легким армированным волокном полимером, который содержит углеродные волокна. Композит может содержать другие волокна, такие как волластонит (природный и синтетический), арамид, кевлар, тварон, алюминиевые или стеклянные волокна, а также углеродные волокна. ARAMID FIBER является классом прочных синтетических волокон. Они используются в аэрокосмической и военной областях, для изготовления бронежилетов и баллистических композитов, в велосипедных шинах и в качестве заменителя асбеста. Каждый год авиакосмическая отрасль использует все большую долю современных композитных материалов при создании самолетов каждого нового поколения. Еще в 1950-х годах, когда наиболее распространенный композит из стекловолокна был впервые использован в пассажирском самолете Boeing 707, на его долю пришлось 2 % структуры. Напротив, композиты на 787 составляют 50 % конструктивного веса самолета, а композиты в Airbus A380 составляют около 25 % от общего веса планера [1].

По мнению авторов, спрос на более легкие и более эффективные самолеты обеспечит значительные возможности в авиакосмической промышленности для производителей композитных деталей в течение следующих 15 лет. Мы должны понимать, что использование композитных материалов в аэрокосмической промышленности все еще находится на стадии изучения, и необходимо будет внести дополнительные усовершенствования в производственный процесс, в частности, чтобы рынок полностью раскрыл свой потенциал. Например, потребительский спрос требует от производителей стекловолокна и волластонита более совершенных техноло-

гий, позволяющих повысить эффективность их процессов. Композиционные материалы приобретают все большее значение при строительстве аэрокосмических конструкций.

Волластонит и композиты на его основе

Производство β – волластонита начато в США в 40-х г XX в. В настоящее время годовой объем производства достигает 300 тысяч тонн, в том числе, более одной трети составляет синтетический β - волластонит. Значительная часть продукции экспортируется в Западную Европу и Японию.

В НИЛ Кинетики минералообразования и кристаллофизики Томского государственного университета под руководством А.В. Мананкова исследуются природные и синтезируются синтетические волластониты с 1972 года. Получено 19 составов, Общие особенности β - волластонитов: обычно волокнистые и игольчатые. Соотношение сторон составляет 20: 1, а максимальное может достигать 30: 1. β - волластонит имеет высокую белизну, высокое сопротивление, низкую маслосмекость, низкую диэлектрическую проницаемость, термостойкость, коррозионную стойкость, стойкость к кислотам и щелочам, нетоксичность, немагнитность и низкий коэффициент теплового расширения.

Он имеет характеристики малых потерь при возгорании и превосходных механических свойств, а также обладает определенным сродством с растительными волокнами. Принято ультратонкий порошок волластонита называть «минеральным волокном». Другие характеристики волластонита: нетоксичность, хорошая термическая стабильность, стеклянный и жемчужный блеск, отличные механические и электрические свойства, устойчивость к химической коррозии, хорошая стабильность размеров, низкая скорость абсорбции, а также определенный усиливающий эффект [3].

Вычисленные параметры кристаллической решетки обнаруживают некоторую зависимость от температуры кристаллизации в интервале 950–1150 °С. Выявлена новая полиморфная модификация волластонитового состава триклинной сингонии, которая получила название Трансволластонит (Т – волластонит) [3]. Проведены опытно заводские испытания более чем в 20 технологиях и различных функциональных и строительных материалах [4]. Получены убедительные результаты по модификации кабельных резин, автошин, полиэтилена, композитов для Бурана, пластмасс, керамик и т. п. Новизна исследований подтверждается около 20 патентами на изобретения [5–7].

Несколько патентов внедрены в практику, используются в медицине: Патент № 2108069 Способ получения материала для косного имплантата, приоритет 09.04.1996; патент № 2109493 Зубной имплантат, приоритет 09.08.1996. Получил внедрение патент № 2181105 от 10.04.2002 г. «Состав синтетического волластонита и способ его получения на основе промышленных отходов ОАО «Химпром», г. Волгограда.

Заключение

Отрасли машиностроения, в режиме модернизации, по аналогии с зарубежьем, будут потреблять много волластонита. Сегодня, при проектировании изделий и техники нового поколения особенно остро стоит задача необходимости разработки конструкционных термостойких материалов с заданными каталитическими и излучательными свойствами. По статистике сейчас 12–15 % волластонита в мире используется в металлургической промышленности. Это связано с тем, что волластонит обладает низкотемпературными флюсовыми свойствами, стабильным химическим составом, высокой чистотой и нейтральной щелочностью.

Проблемы получения и применения силикатов и гидросиликатов кальция, стехиометрический состав которых можно выразить формулами $aCaO \cdot bSiO_2$ и $aCaO \cdot bSiO_2 \cdot nH_2O$ соответственно, все больше привлекают внимание ученых и практиков. Это объясняется масштабами использования природных и синтетических силикатных минералов в различных отраслях промышленности, техники и науки. Силикаты кальция различного состава и структуры, благодаря своим физическим и физико-химическим свойствам, нашли широкое применение как наполнители композиционных материалов в строительной индустрии, резинотехнической, целлюлозно-бумажной, химической, керамической, стекольной, лакокрасочной, электротехнической и других отраслях промышленности.

Перспективным направлением является их использование в качестве основы для получения функциональных материалов различного назначения. Особый интерес представляют силикаты кальция со стехиометрическим соотношением CaO к SiO_2 равным 1, наиболее ярким представителем которых является волластонит [3]. Волластонит обладает высокой химической стойкостью, обеспечивает материалам на его основе негорючесть, уникальные диэлектрические свойства и низкую теплопроводность, экологическую безопасность применения. В металлургии и машиностроении, космической и авиационной технике, строительстве, медицине и фармакологии волластонит зарекомендовал себя как перспективный, отвечающий современным требованиям материал [3].

Синтетические силикаты кальция, в отличие от природных, более однородны по составу и строению, содержат меньше примесей, характеризуются дисперсным составом вплоть до тысячных долей микрона, и в связи с указанными преимуществами имеют более широкое практическое применение. Новые наукоёмкие технологии получения силикатов кальция позволяют варьировать в широких пределах свойства целевых продуктов, и тем самым обеспечивают максимальное соответствие требованиям для конкретного направления использования. Сырьевая база для получения синтетических силикатов кальция практически не ограничена, поскольку кальций- и кремнийсодержащие вещества содержатся в разнообразных как техногенных отходах, так и природ-

ных образованиях. Поэтому всё более актуальной становится проблема получения синтетических силикатов кальция с заданными характеристиками. Для получения игольчатого волластонита нами используется дезинтегратор Хинта (Эстония, г. Таллин.)

Волластонитовый порошок для производства бумаги: использование волластонита для производства бумаги может улучшить экономические выгоды. Каждая тонна ультратонкого порошка волластонита, используемого в производстве бумаги, может сэкономить 3,6 кубических метра древесины;

По сравнению с традиционной древесной массой, каждая тонна используемого ультратонкого порошка волластонита может снизить затраты на 100–300 юаней.

Волластонит с игольчатым габитусом в лакокрасочной промышленности действует как выравнивающий агент в покрытии, улучшает механическую прочность пленки покрытия, улучшает укрывистость покрытия и заменяет вредный асбест в армированных покрытиях. Волластонит с обработанной поверхностью может использоваться в промышленных алкидных, эпоксидных и других антикоррозионных покрытиях для повышения коррозионной стойкости металлических грунтовок и частичной замены активных антикоррозионных пигментов. Мы могли давно заменить финскую краску для переходных зебр на асфальте.

Разработка новых материалов в стратегически развивающихся отраслях открывает больше возможностей для применения неметаллических минералов. Волластонит играет роль функционального наполнителя и вместе с другими неметаллическими минералами способствует развитию и росту индустрии новых материалов.

Философы справедливо полагают, что в период экологического кризиса с предельной четкостью обнаруживается глубинная тенденция природного развития. Наша страна – Россия в своем историческом процессе приобрела специализацию техногенной цивилизации.

Она способна исторически генерировать идеи (вспомним оружие древних славян, паровая машина Ползунова, самолет Можайского, полупроводники Лосева, способ непрерывной разливки стали, двигатели космических кораблей и несть числа тем примерам), а развиваются они на Западе. К нам они приходят с опозданием. И многие особенности истории России определены ее постоянными догоняющими модернизациями, что исключительно выразительно демонстрирует состояние в машиностроении.

Список использованных источников:

1. Аль-Дарабсе А.М.Ф. Авиационная промышленность – смягчения последствий изменения климата посредством технологии и политики / А.М.Ф. Аль-Дарабсе, Д.Г. Вольсков // Проблемы технического сервиса в АПК : сборник научных трудов II студенческой всероссийской научнопрактической конференции. – 2019. – С. 21–28.
2. Аль-Дарабсе А.М.Ф. Исследование экономических систем в авиастроении на основе методологии функционально-стоимостной инженерии / А.М.Ф. Аль-Дарабсе // Молодежь и наука XXI века : материалы Международной научной конференции. – 2018. – С. 470–472.
3. Мананков А.В. Волластонитовые, пироксеновые и другие материалы из промышленных отходов и недефицитного природного сырья / А.В. Мананков, Е.Я. Горюхин, А.А. Локтюшин. – Томск : Томский государственный университет, 2002. – 168 с.
4. Мананков А.В. Структура инновационного процесса производства наноматериалов на основе промышленных отходов / А.В. Мананков, И.А. Рахманова // Вестники ТГАСУ. – 2010. – № 1. – С. 143–148.
5. Мананков А.В. Инновационные материалы класса «сикам» и концептуальный этап их жизнедеятельности / А.В. Мананков, И.А. Рахманова // Вестник ТГАСУ. – 2012. – № 2. – С. 170–182.
6. Мананков А.В. Экологические аспекты производства инновационных материалов на основе промышленных отходов / А.В. Мананков, И.А. Рахманова // Инновации и недвижимость как материальный базис модернизации экономики : материалы Всероссийской научно-технической конференции и молодых ученых. – Томск : ТГАСУ. – 2013. – С. 227–231.
7. Мананков А.В. Концептуальная фаза жизненного цикла инновационного материала – синтетического волластонита / А.В. Мананков, И.А. Рахманова // Вестник ТГУ. – 2013. – № 368. – С. 108–114.

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ РАЗНОРОДНЫХ СУБСТАНЦИЙ

*Ц. Чжан^а, аспирант, М. Пань^б, аспирант, В.Н. Козлов^с, к.т.н., доц.
Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mails: ^аcinzhun1@tpu.ru, ^бmenhua1@tpu.ru, ^сkovn@tpu.ru*

Аннотация: Погружные мешалки являются оборудованием для подводного смешивания субстанций. При вращении рабочих частей образуется вихрь для перемешивания, смешивания, дезинтеграции и гомогенизации. Лопастная и турбинная мешалки используются для создания радиального потока, а винтовые – для осевого. Ленточные мешалки используются для смешивания жидкостей высокой вязкости. Конические мешалки

обеспечивают эффективное перемешивание. Зубчатые мешалки используются для измельчения частиц. Использование гиперболических мешалок повышает эффективность смешивания. Кольцевые лопасти обеспечивают низкий уровень шума.

Ключевые слова: погружная мешалка, гиперболическая лопасть, кольцевая лопасть, аддитивное и субтрактивное производство.

Abstract: Submersible mixers are equipment for underwater mixing of substances. When the working parts rotate, a vortex is generated for stirring, mixing, disintegration and homogenization. Paddle and turbine mixers are used to create radial flow, and screw mixers are used to create axial flow. Ribbon mixers are used to mix highly viscous liquids. Conical mixers provide efficient mixing. Toothed mixers are used to grind the particles. The use of hyperbolic stirrers increases mixing efficiency. Ring blades provide low noise levels.

Keywords: submersible mixer, hyperbolic blade, annular blade, additive and subtractive manufacturing.

С ростом требований к эффективности и защите окружающей среды в промышленной сфере погружные мешалки привлекают всё больше внимание благодаря своим уникальным преимуществам [1–9].

Погружная мешалка, как оборудование для подводного смешивания, в основном состоит из двигателя, трансмиссионного устройства и смесительной лопасти (рис. 1).

Перемещение лопастей образует вихрь для перемешивания, смешивания, дезинтеграции и гомогенизации [1].

По сравнению с традиционным смесительным оборудованием её установка более удобна благодаря небольшому размеру. Благодаря полному погружению в жидкую среду выше и скорость смешивания, и коэффициент преобразования энергии. Помимо достижения равномерного смешивания гетерогенных жидкостей, её использование также может увеличивать концентрацию кислорода, ускорять химические реакции и способствовать диффузии тепла.

По форме лопасти преимущественно мешалки делятся на лопастные, турбинные, винтовые, рамные и якорные.

Лопастные мешалки представляют собой механизм, состоящий из двух-шести лопастей (рис. 2). Их основными преимуществами являются простая конструкция и относительно низкая стоимость изготовления. Однако осевой поток слабый, градиент концентрации жидкости большой, а возникновение турбулентности медленное. Усиления турбулентности можно добиться путем установки отражательных перегородок. Увеличение угла наклона лопаток до 30–45° несколько увеличивает осевой поток, но это приводит к резкому увеличению энергопотребления. Поэтому лопастной смеситель в основном применяют для смешивания грубых, малозернистых жидкостей с низкой скоростью (18–80 об/мин) и с малой вязкостью (до 100 сПз).

Добавление отражательных перегородок и эксцентричное расположение оси будет способствовать возникновению турбулентности, но это приводит к увеличению энергопотребления. Энергопотребление при добавлении отражающих перегородок меньше, чем у метода эксцентрикового расположения оси [2].

Турбинные мешалки в основном делятся на открытые и закрытые (см. рис. 3). Открытые представляют собой улучшенный тип лопастных мешалок, которые могут производить более крупный и интенсивный радиальный поток, но это приводит к образованию воронок. Закрытые позволяют избежать образования воронок. Турбинные мешалки в основном используются для смешивания жидкостей с высокой скоростью (100–350 об/мин), высокой вязкостью (10⁵ сПз) и высокой концентрацией частиц [3].

Винтовые (пропеллерные) мешалки (рис. 4) широко используются благодаря более высокому осевому потоку и более высокой интенсивности перемешивания. Однако интенсивное перемешивание приводит к образованию воронок и снижению эффективности перемешивания.



Рис. 2. Лопастные мешалки [2]

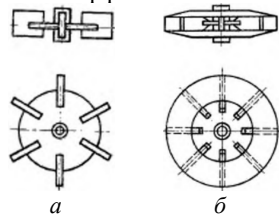


Рис. 3. Открытая (а) и закрытая (б) турбинные мешалки [3]



Рис. 4. Винтовая (пропеллерная) мешалка [6]



Рис. 5. Гиперболическая мешалка [8]



Рис. 6. Кольцевая лопасть [9]

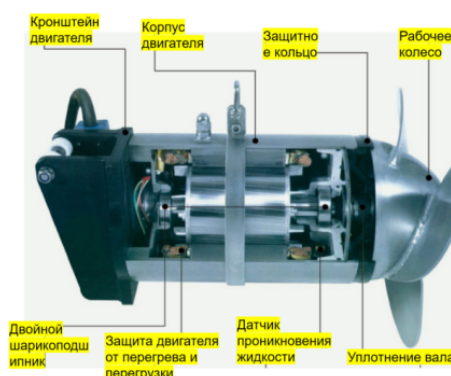


Рис. 1. Принципиальная схема погружной мешалки [1]

Образования воронки устраняется эксцентриковым расположением оси или поворотом оси мешалки на 10–20°. Винтовые мешалки в основном используются для смешивания маловязких (6×10^3 сПз) жидкостей с низкой концентрацией частиц при высоких скоростях (160–1000 об/мин) [4–6].

Якорные и рамные мешалки представляют собой рамки, закреплённые на оси, и в основном используются для смешивания жидкостей высокой вязкости (10^5 сПз) на низких скоростях (15–40 об/мин) [7]. Поскольку форму рамки можно адаптировать к изготовлению стенки контейнера, это позволяет устранить прилипание ингредиентов к стенкам контейнера и предотвратить локальный перегрев смешиваемых материалов.

Помимо вышеуказанных мешалок, существуют конические, которые не образуют воронку при смешивании; зубчатые, которые используются для тонкого измельчения частиц в жидкостях; шнековые, которые используются для смешивания высоковязких жидкостей [8].

В последние годы с развитием технологий обработки на фрезерных станках с ЧПУ были разработаны гиперболические мешалки [8] (рис. 5), которые стали популярными благодаря их большему осевому и радиальному потоку, а также низкому энергопотреблению. В связи с развитием аддитивного производства была предложена более сложная, но более эффективная форма лопастей – кольцевая лопасть (рис. 6): её эффективность в два раза выше, чем у обычных лопастей, и имеет низкий уровень шума. Однако они не получили широкого распространения из-за своей высокой цены [9].

Рабочая часть всех мешалок (лопасти, рамки или винты) испытывают интенсивные механические нагрузки, имеющие достаточно импульсный характер, что ужесточает требования к их усталостной прочности. Воздействие часто агрессивных сред требует применения коррозионно-стойкой стали или сплавов. Чаще всего для рабочих органов применяется жаропрочная нержавеющая сталь 12X18H9T. Сложный пространственный профиль лопастей или винтов требует использование штампованных заготовок с последующей механической обработкой или фрезерование из цельной плиты.

Для уменьшения трудоёмкости механической обработки предлагается получать заготовки по аддитивным технологиям (АТ) [10]. Наиболее дешёвой АТ является WAAM с использованием проволоки, однако она требует последующей субтрактивной обработки, которая выполняется на обрабатывающих фрезерных центрах с ЧПУ. В планах наших исследований значится проведение силовых и стойкостных испытаний с целью определения рациональных режимов резания при соблюдении требований по точности и качеству обработанных поверхностей. Это потребует проведения исследований физико-механических свойств, микроструктуры, твёрдости, шероховатости и прочих измерений образцов, т. к. после АТ материал синтезированного изделия существенно отличается от материала заготовок, полученных прокаткой или штамповкой из-за высокой скорости нагрева и охлаждения в ходе выполнения АТ.

Заключение

Лопастные мешалки просты в изготовлении и пригодны для грубого смешивания жидкостей малой вязкости. Турбинные мешалки производят больший радиальный поток, чем лопастные мешалки. Винтовые мешалки в основном используются для создания осевого потока. Использование гиперболических мешалок обеспечивает высокий радиальный и осевой поток, к тому же они имеют меньшее энергопотребление. Как альтернатива винтовой лопасти, кольцевая лопасть имеет более высокий КПД и меньший шум, но пока не пользуется популярностью из-за высокой цены, связанной с высокой себестоимостью при изготовлении.

Лопастные мешалки просты в изготовлении и пригодны для грубого смешивания жидкостей малой вязкости. Турбинные мешалки производят больший радиальный поток, чем лопастные мешалки, и используются для смешивания жидкостей с высокой скоростью (100–350 об/мин), высокой вязкостью (10^5 сПз) и высокой концентрацией частиц. Винтовые мешалки в основном используются для создания осевого потока, однако интенсивное перемешивание приводит к образованию воронок и снижению эффективности перемешивания. Использование гиперболических мешалок обеспечивает высокий радиальный и осевой поток, к тому же они имеют меньшее энергопотребление. Как альтернатива винтовой лопасти, кольцевая лопасть имеет более высокий КПД и меньший шум, но пока не пользуется популярностью из-за высокой цены, связанной с высокой себестоимостью при изготовлении. Уменьшить себестоимость изготовления можно за счёт применения аддитивных технологий, что уменьшит материалоемкость продукции и трудоёмкость механической обработки.

Для уменьшения шероховатости поверхностей рабочих органов необходимо применять и субтрактивные технологии, в частности, фрезеровать рабочие поверхности концевыми фрезами. Но для этого требуется более тщательное изучение этих технологий.

В работе применялось оборудование ЦКП НОИЦ НМНТ ТПУ, поддержанного проектом Минобрнауки России № 075-15-2021-710.

Список использованных источников:

1. Баженов В.И. Погружные мешалки как перспективное направление научно-исследовательских работ / В.И. Баженов, С.М. Божьева // Инженерный вестник. 2015.
2. Цидун Т. Насосная промышленность: официальный сайт / Т. Цидун. – URL: <http://www.beng001.com/QJB.html> (дата обращения: 19.02.2024). – Текст: электронный.

3. ЭКОРОС: официальный сайт. – Иваново. – URL: <https://usp68.ru/> (дата обращения: 01.012.2023). – Текст: электронный.
4. Аверьянова В. Перемешивающие устройства для лабораторий и производства / В. Аверьянова // Сырье и Упаковка. – Текст: электронный – 2011. – URL: <https://cosmetic-industry.com/peremeshivayushhie-ustrojstva-dlya-laboratorij-i-proizvodstva.html> (дата обращения: 21.03.2024).
5. АТК 24.201.17-90. Мешалки типы, параметры, конструкция, основные размеры и технические требования: дата введения 1991-01-01/ Разработки тяжелого машиностроения СССР. – Москва : Стандартиформ, 1990. – 34 с.
6. Hoefken Marcus About the Design of Mixing Systems or Anaerobic and Anoxic Basins for Large Wastewater Treatment Plants / Marcus Hoefken // Инженерный вестник. – 2019. – № 5. – С. 50–56.
7. Патент 2 683 078. РФ. Перемешивающее устройство: 06 06 2018 / Р.Ш. Абиев, А.Н. Григорьева.
8. Вулкан Пумпен: официальный сайт. – Санкт-Петербург. – URL: <https://vpumpen.ru/meshalki/giperbolicheskaya-meshalka> (дата обращения: 20.01.2024). – Текст: электронный.
9. Ziroth. This Genius Propeller Will Change Transport Forever: YouTube: видео. – URL: <https://www.youtube.com/watch?v=MGy8jvf-DZ0> (дата обращения: 01.012.2023).
10. Integrated WAAM-Subtractive Versus Pure Subtractive Manufacturing Approaches: An Energy Efficiency Comparison / G. Campatelli, F. Montecchi, G. Venturini, [et al.] // Int. J. of Precis. Eng. and Manuf.-Green Tech. 7, 1–11 (2020). – URL: <https://doi.org/10.1007/s40684-019-00071-y> (дата обращения: 01.012.2023). – Текст: электронный.

ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ МАГНИЯ В АЛЮМИНИЕВОМ СПЛАВЕ НА ПОРИСТОСТЬ ОБРАЗЦА, ПОЛУЧЕННОГО МЕТОДОМ СЕЛЕКТИВНОГО ЛАЗЕРНОГО ПЛАВЛЕНИЯ

Н.А. Сапрыкина¹, к.т.н., доц., А.А. Сапрыкин¹, к.т.н., доц., В.В. Чебодаева², к.т.н.

¹Юргинский технологический институт (филиал) Томского политехнического университета, 652055, Кемеровская область, г.Юрга, Ул. Ленинградская, 26, тел. (38451) 7-77-61

*²Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук 634055, Томская область, г. Томск, Академический пр., 2/4
e-mail: saprikina@tpu.ru*

Аннотация: Технология селективного лазерного плавления позволяет получать образцы высокой плотности из металлических порошковых материалов за счет оптимизации условий процесса и высокой гибкости проектирования послойного изготовления изделий на основе трехмерных моделей автоматизированного проектирования. В данном исследовании образцы из подготовленной композиции порошков алюминия Al, кремния Si и магния Mg получены методом селективного лазерного плавления на следующих режимах: шаг сканирования $S = 0,08$ мм, мощность лазера $P = 90$ Вт, скорость сканирования лучом лазера $V = 225$ мм/с, толщина слоя $h = 0,025$ мм в следующих массовых соотношениях: AlSi8Mg3, AlSi8Mg5, AlSi8Mg10. Исследования показали влияние содержания магния на плотность структуры образца, полученного методом селективного лазерного плавления. Увеличение доли магния в смеси порошков от 3 до 10 % приводит к уплотнению структуры образца и уменьшению количества пор, равномерному распределению магния.

Abstract: Selective laser melting technology makes it possible to obtain high-density samples from metal powder materials by optimizing process conditions and high flexibility in designing layer-by-layer production of products based on three-dimensional computer-aided design models. In this study, samples from a prepared composition of aluminum Al, silicon Si and magnesium Mg powders were obtained by selective laser melting in the following modes: scanning step $S = 0.08$ mm, laser power $P = 90$ W, scanning speed with a laser beam $V = 225$ mm/s, layer thickness $h = 0.025$ mm in the following mass ratios: AlSi8Mg3, AlSi8Mg5, AlSi8Mg10. Studies have shown the influence of magnesium content on the density of the structure of a sample obtained by selective laser melting. Increasing the proportion of magnesium in the powder mixture from 3 to 10 % leads to compaction of the sample structure and a decrease in the number of pores, uniform distribution of magnesium.

Ключевые слова: селективное лазерное плавление (СЛП); сплавы на основе алюминия; аддитивное производство; магний.

Keywords: selective laser melting (SLM); aluminum alloys; additive manufacturing; magnesium.

Технология селективного лазерного плавления (СЛП) позволяет получать образцы высокой плотности из металлических порошковых материалов за счет оптимизации условий процесса и высокой гибкости проектирования послойного изготовления изделий на основе трехмерных (3D) моделей автоматизированного проектирования (САПР) [1]. С развитием этой технологии производственные процессы переходят от традиционных методов получения деталей к процессам аддитивных технологий в таких отраслях промышленности, как аэрокосмическая и медицинская. В литературе описано большое количество исследований по получению сплава и изделий на основе алюминия AlSi8Mg, изготовленного методом СЛП. Приведена оценка механических свойств, микроструктуры [2–5], описана характеристика структуры в зависимости от стратегии сканирования, рассмот-

рена корреляции между механическими свойствами образцов SLM, подвергнутых условиям термообработки [6, 75]. Однако имеется мало сообщений о влиянии содержания магния на плотность структуры образца и распределение магния в образце, полученном методом селективного лазерного плавления.

В данном исследовании образцы из подготовленной композиции порошков алюминия Al, кремния Si и магния Mg [8, 9] получены методом СЛП на следующих режимах: шаг сканирования $S = 0,08$ мм, мощность лазера $P = 90$ Вт, скорость сканирования лучом лазера $V = 225$ мм/с, толщина слоя $h = 0,025$ мм в следующих массовых соотношениях: AlSi8Mg3, AlSi8Mg5, AlSi8Mg10. Исследования плотности структуры образца проведены на растровом электронном микроскопе LEO EVO в ЦКП «Нанотех» ИФПМ СО РАН. Условия съемки: ускоряющее напряжение – 20 кВ, ток пучка – 1,5-2,2 нА, фокусное расстояние 8,5–9 мм, увеличение – 100–2000. Исследование элементного состава поверхности образца проводили на приставке к микроскопу для энергодисперсионного анализа Oxford Instruments INCA350.

На рисунке 1 приведены растровые электронные изображения (РЭМ), полученные в результате съемки образца при увеличениях 500 и 1000.

Образцы, полученные при массовых соотношениях магния AlSi8Mg3, AlSi8Mg5 характеризуются наличием многочисленных пор и плотной структуры между порами (рис. 1, а–г).

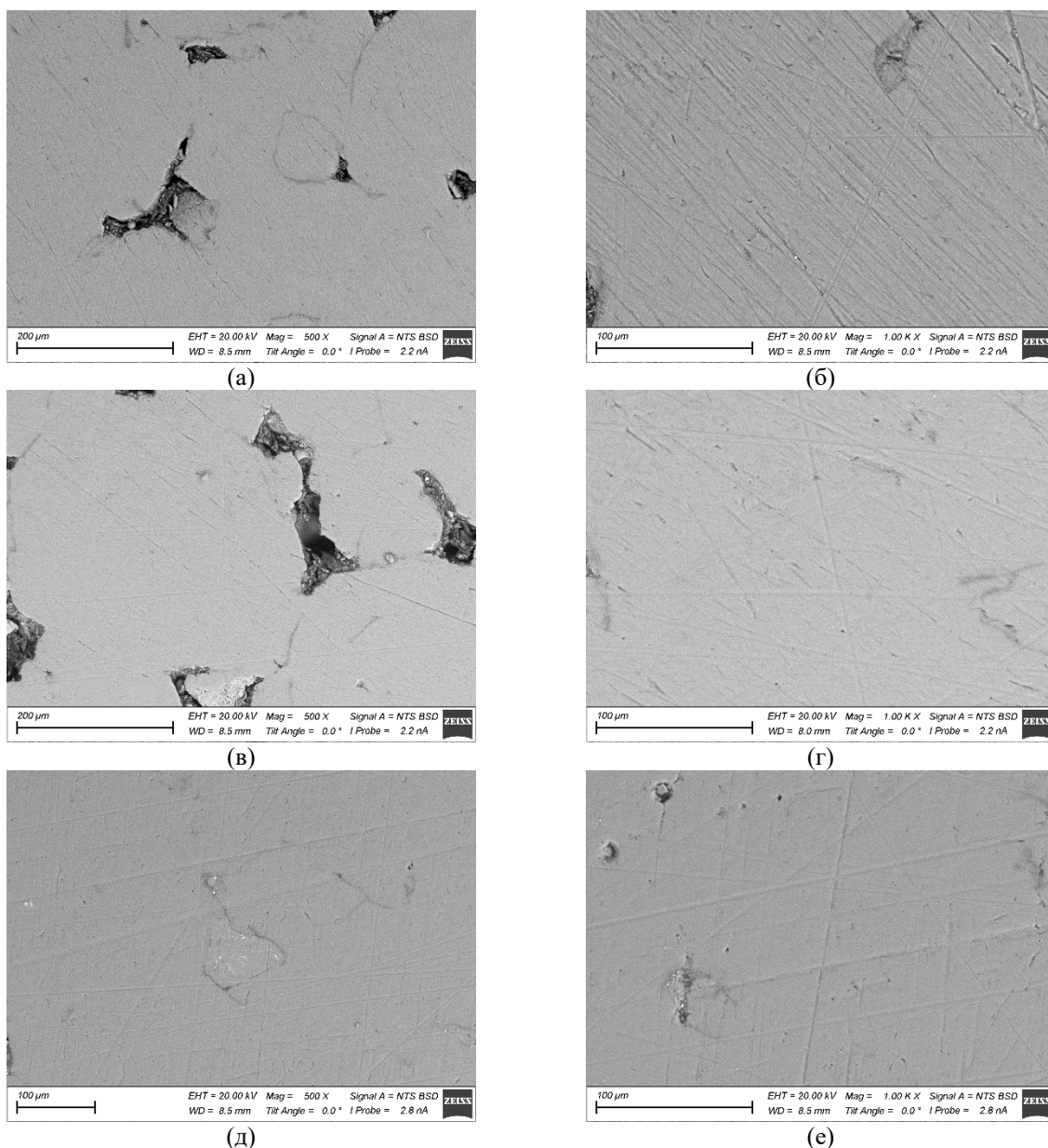
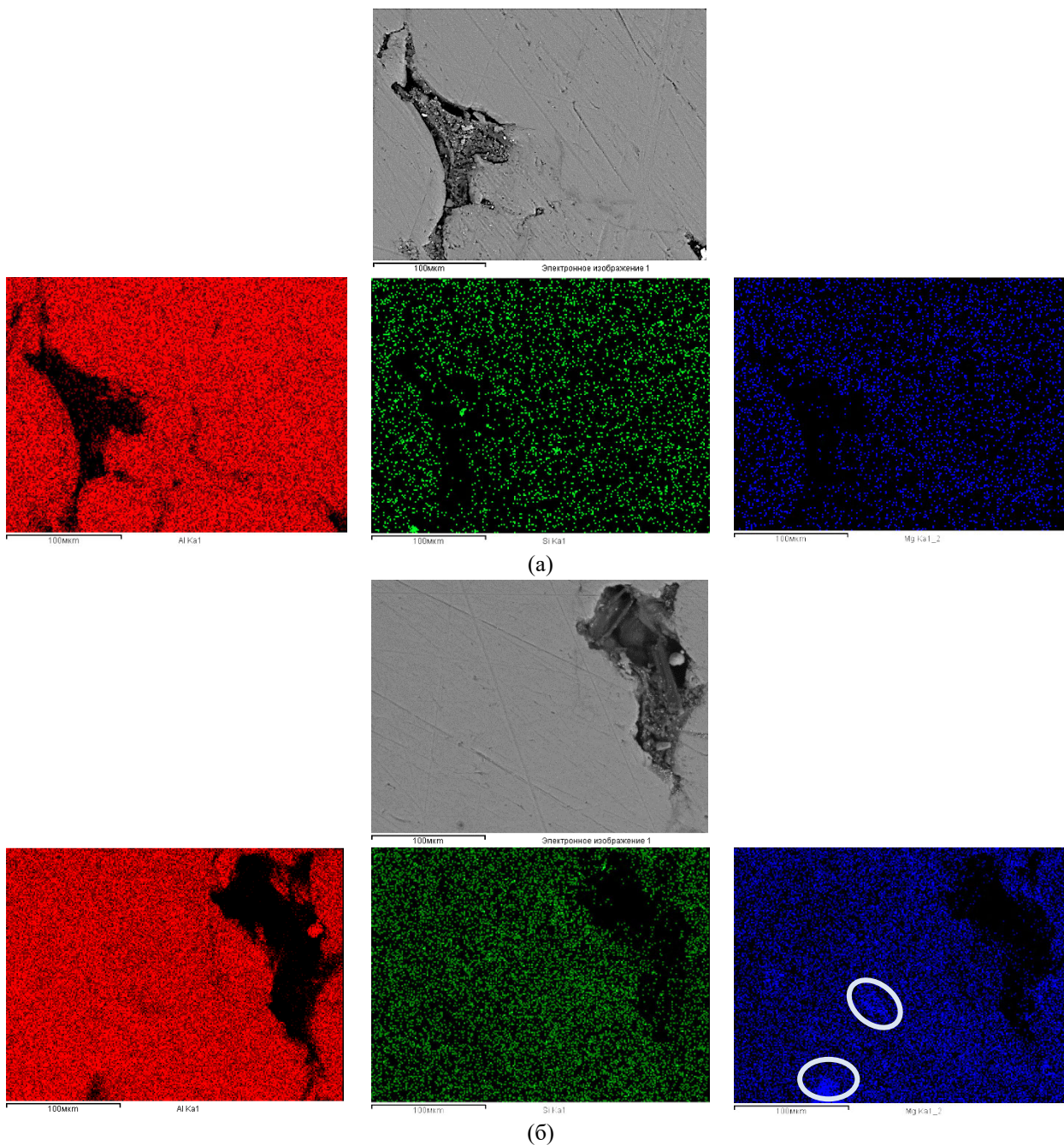


Рис. 1. РЭМ-изображения образцов, полученных при разных массовых соотношениях элементов Al, Si, Mg:
а, б – AlSi8Mg3, в, г – AlSi8Mg5, д, е – AlSi8Mg10

Увеличением доли порошка магния до 10 % приводит к уплотнению структуры образца и уменьшению количества пор на поверхности образца (рис. 1, д, е).

На рисунке 2 приведены РЭМ-изображения и карты распределения элементов (Al, Mg, Si) образцов, полученных при разных массовых соотношениях. Алюминий и кремний во всех образцах распределены равномерно и однородно (рис. 2). При этом в образце с 5% порошка магния на поверхности наблюдаются области высокой концентрации магния (рис. 2, б). С повышением доли порошка магния распределение магния в образце становится более однородным (рис. 2, в).



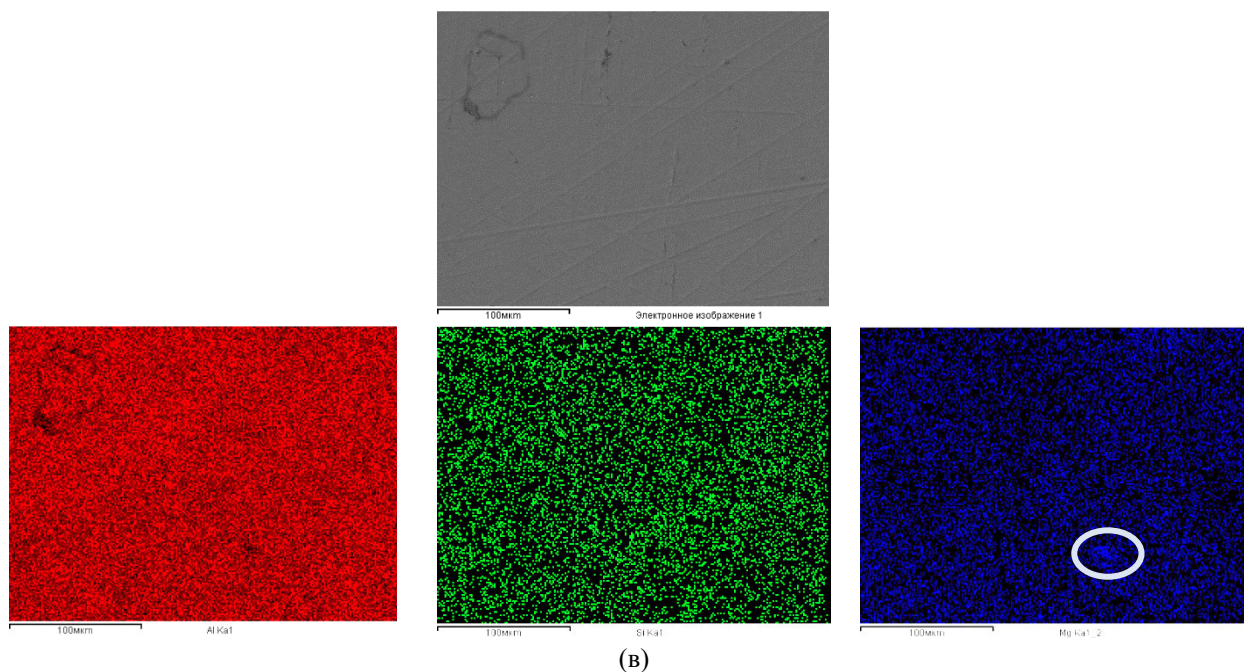


Рис. 2. РЭМ-изображения и карты распределения элементов (Al, Mg, Si) образцов, полученных при разных массовых соотношениях: а – AlSi8Mg3, б – AlSi8Mg3, в – AlSi8Mg3

Результаты проведенных исследований наглядно показывают влияние содержания магния на плотность структуры образца, полученного методом селективного лазерного плавления. Увеличение доли магния в смеси порошков от 3 до 10 % приводит к уплотнению структуры образца и уменьшению количества пор, равномерному распределению магния.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-29-01491, <https://rscf.ru/project/22-29-01491/>.

Список использованных источников:

1. Herzog D. Additive manufacturing of metals / D. Herzog, V. Seyda, E. Wycsick, C. Emmelmann // *Acta Mater.*, 2016. – P. 371–392.
2. Manfredi D. From powders to dense metal parts: characterization of a commercial AlSiMg alloy processed through direct metal laser sintering / D. Manfredi, F. Calignano, M. Krishnan, R. Canali, E.P. Ambrosio, E. Atzeni // *Materials*, 2013. – P. 856–869.
3. Rosenthal I. Microstructure and mechanical properties of AlSi10Mg parts produced by the laser beam additive manufacturing (AM) technology / I. Rosenthal, A. Stern, N. Frage // *Metallogr. Microstruct. Anal.*, 2014. – P. 448–453.
4. Zaretsky E. Dynamic response of AlSi10Mg alloy fabricated by selective laser melting / E. Zaretsky, A. Stern, N. Frage // *Mater. Sci. Eng. A*, 2017. – P. 364–370.
5. Trevisan F. On the selective laser melting (SLM) of the AlSi10Mg alloy: process, microstructure, and mechanical properties / F. Trevisan, F. Calignano, M. Lorusso, J. Pakkanen, A. Aversa, E.P. Ambrosio, M. Lombardi, P. Fino // *Materials*, 2017. – P. 76–99.
6. Thijs L. Fine-structured aluminium products with controllable texture by selective laser melting of pre-alloyed Al-Si10Mg powder / L. Thijs, K. Kempen, J.P. Kruth, J.V. Humbeeck // *Acta Mater.*, 2013. – P. 1809–1819.
7. Wu J. Microstructure and strength of selectively laser melted AlSi10Mg / J. Wu, X.Q. Wang, W. Wang, M.M. Attallah, M.H. Loretto // *Acta Mater.*, 2016. – P. 311–320.
8. Saprykina N. Synthesis of a three-component aluminum-based alloy by selective laser melting / N. Saprykina, V. Chebodaeva, A. Saprykin, Y.P. Sharkeev, E. Ibragimov, T. Guseva // *Obrabotka Metallov*, 2022. – P. 151–164. – DOI: 10.17212/1994-6309-2022-24.4-151-164.
9. Saprykina N. Optimization of selective laser melting modes of powder composition of the AlSiMg system / N. Saprykina, V. Chebodaeva, A. Saprykin, Y.P. Sharkeev, E. Ibragimov, T. Guseva // *Obrabotka metallov (tekhnologiya, oborudovanie, instrumenty) = Metal Working and Material Science*, 2024. – P. 22–37. – DOI: 10.17212/1994-6309-2024-26.1-22-37.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖИМА РАБОТЫ ШАРОВОЙ МЕЛЬНИЦЫ

Т.С.^а Гусева, А.А. Сапрыкин, Е.А. Ибрагимов, Н.А. Сапрыкина
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета,
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26
^аe-mail: tsh2@tpu.ru

Аннотация: В статье рассматривается проблема оптимизации процессов механической активации в шаровой мельнице, ключевым элементом которой является выбор оптимальных режимов работы за счет корректировки частот вращения барабана. Авторы предлагают подход, основанный на анализе влияния различных частот вращения на эффективность процесса механической активации. В рамках исследования был проведен эксперимент, включающий серию тестов с различными частотами вращения барабана. Анализ данных показал, что существует определенный диапазон частот вращения, при котором достигается максимальная эффективность процесса механического легирования. На основе этих результатов были определены рекомендации для выбора оптимальных рабочих параметров шаровой мельницы, которые могут быть применены на практике для повышения эффективности механического легирования и получения порошка для селективного лазерного плавления.

Ключевые слова: лабораторная установка, механическая активация, шаровая мельница, режим работы, частота вращения барабана, каскадный, водопадный.

Abstract: The article addresses the issue of optimizing the processes of mechanical activation in a ball mill, with a focus on selecting optimal operational modes by adjusting the drum rotation frequencies. The authors propose an approach based on the analysis of the effects of various rotation frequencies on the efficiency of the mechanical activation process. Within the scope of the research, an experiment was conducted that included a series of tests with different drum rotation frequencies. Data analysis revealed that there is a specific range of rotation frequencies at which maximum efficiency of the mechanical activation process is achieved. Based on these findings, recommendations were formulated for selecting the optimal operational parameters of the ball mill, which can be implemented in practice to enhance production processes.

Keywords: laboratory-scale plant, mechanical activation, ball mill, operation mode, drum rotation frequency, cascade, waterfall.

Механическая обработка материалов является ключевым процессом в современной промышленности, позволяющим получать материалы с уникальными свойствами. Одной из распространенных технологий такой обработки является механическая активация порошков в шаровых мельницах. Данный метод обработки материала заключается в измельчении порошка до микронного или даже нанометрового размера за счет воздействия ударов, трения и истирания между шарами, порошком и стенками мельницы. В результате такой обработки частицы порошка подвергаются интенсивному механическому воздействию, что приводит к изменению их физических и химических свойств [1].

Механическая активация порошков с использованием шаровой мельницы является одним из важных процессов в различных отраслях промышленности, включая материаловедение, металлургию, фармацевтику и др., имеет как ряд значительных преимуществ, таких как: улучшение реакционной способности; получение наноразмерных порошков; механическая активация позволяет достичь высокой степени гомогенизации порошковых смесей и др.

Однако, несмотря на широкое применение и очевидные преимущества этого метода, существуют и значимые недостатки: износ оборудования, неоднородность размера частиц, длительность процесса.

Процесс механической активации в шаровой мельнице включает в себя множество параметров, которые необходимо оптимизировать для достижения получения композитного порошка для селективного лазерного плавления. Важнейшим аспектом является выбор оптимальных режимов работы, в частности, корректировка частоты вращения барабана [2, 3]. Этот параметр влияет на множество ключевых факторов, таких как энергетическая эффективность процесса, качество измельчения и активации материала. Рассмотрим основные проблемы оптимизации этих процессов:

1. Сложность определения оптимальной скорости вращения. Для каждого типа материала существует своя оптимальная скорость вращения барабана, которая обуславливает максимальную эффективность процесса измельчения и активации. Эта скорость зависит от множества факторов, включая размер и материал шаров, размеры и материал барабана, а также физико-химические свойства измельчаемого материала.

2. Энергетическая эффективность. Одна из ключевых проблем заключается в том, чтобы найти баланс между энергией, необходимой для достижения оптимального измельчения, и потребной энергией. Часто бывает сложно достичь желаемой степени измельчения без излишнего потребления энергии, что делает процесс экономически неэффективным.

3. Износ оборудования. Повышение частоты вращения барабана приводит к увеличению износа и, соответственно, к сокращению срока службы как шариков, так и самой мельницы. Это влечет за собой дополнительные расходы на техническое обслуживание и замену оборудования.

В Юргинском технологическом институте (филиал) Томского политехнического университета была создана лабораторная шаровая мельница. Это устройство предназначено для проведения механического легирования и получения композитных порошков для селективного лазерного плавления [5].

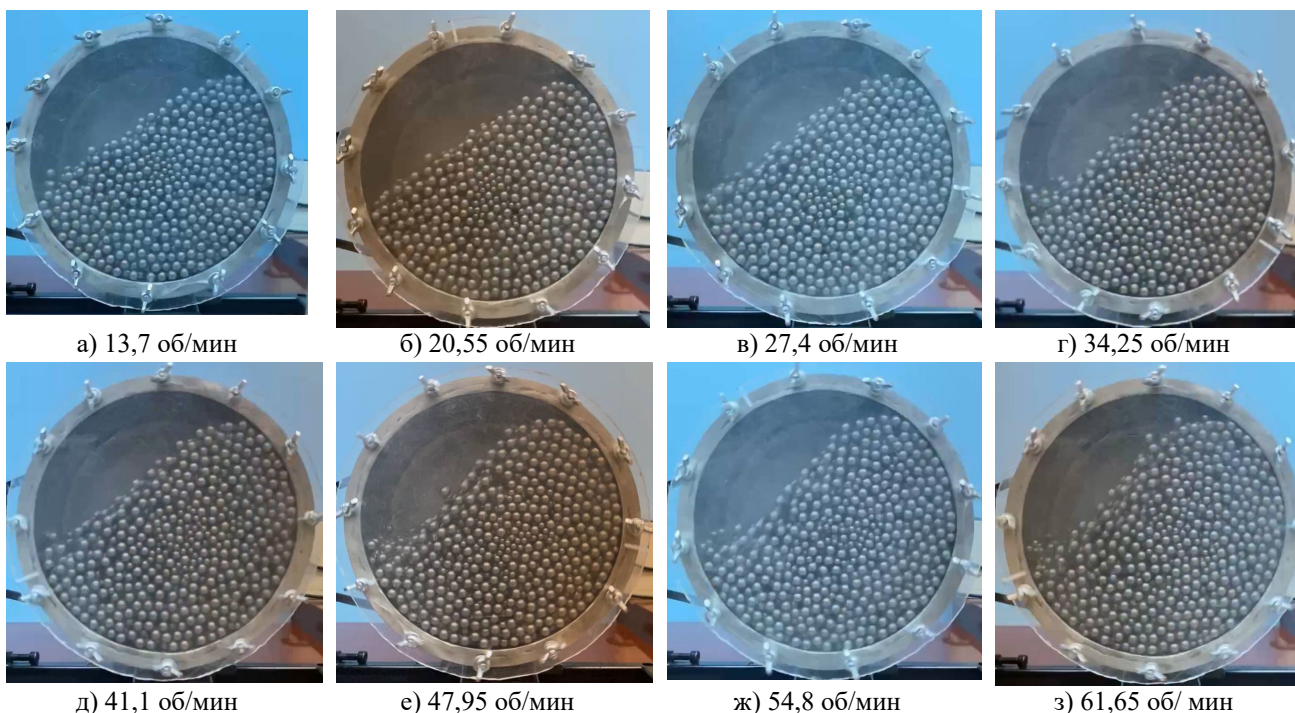
Устройство, описанное на рисунке 1, является комплексной системой механической обработки, предназначенной для смешивания твердых материалов. Эта система включает в себя основу, на которой установлен электродвигатель, и барабан установки.



Рис. 1. Лабораторная установка

Барабан мельницы изготовлен из высококачественной нержавеющей стали, имеющий вместительность 2,5 литра. В крышке барабана установлен ниппель, который используется для вакуумирования и заполнения внутреннего объема аргоном. Регулировка скорости вращения электродвигателя достигается за счет использования частотного преобразователя, обеспечивая тем самым возможность подбора оптимального режима работы с различными типами мелющих элементов.

Для определения оптимального режима движения шаровой нагрузки внутри шаровой мельницы в лаборатории Юргинского технологического института был проведен эксперимент. Определение режимов работы проводилось при заданных частот вращения барабана лабораторной установки в диапазоне от 27,4 до 137 об/мин. В качестве шаровой нагрузки были взяты шарики из стали ШХ15 $\varnothing 5$ – 500 шт., $\varnothing 7$ – 500 шт. и $\varnothing 8$ – 3000 шт. Общая масса шариков составила 7270 г. Объем занимающий шариками составил 70% от объема мельницы. На момент проведения эксперимента, крышка барабана была заменена на прозрачную крышку, для удобства определения режимов движения нагрузки в полости барабана лабораторной установки.



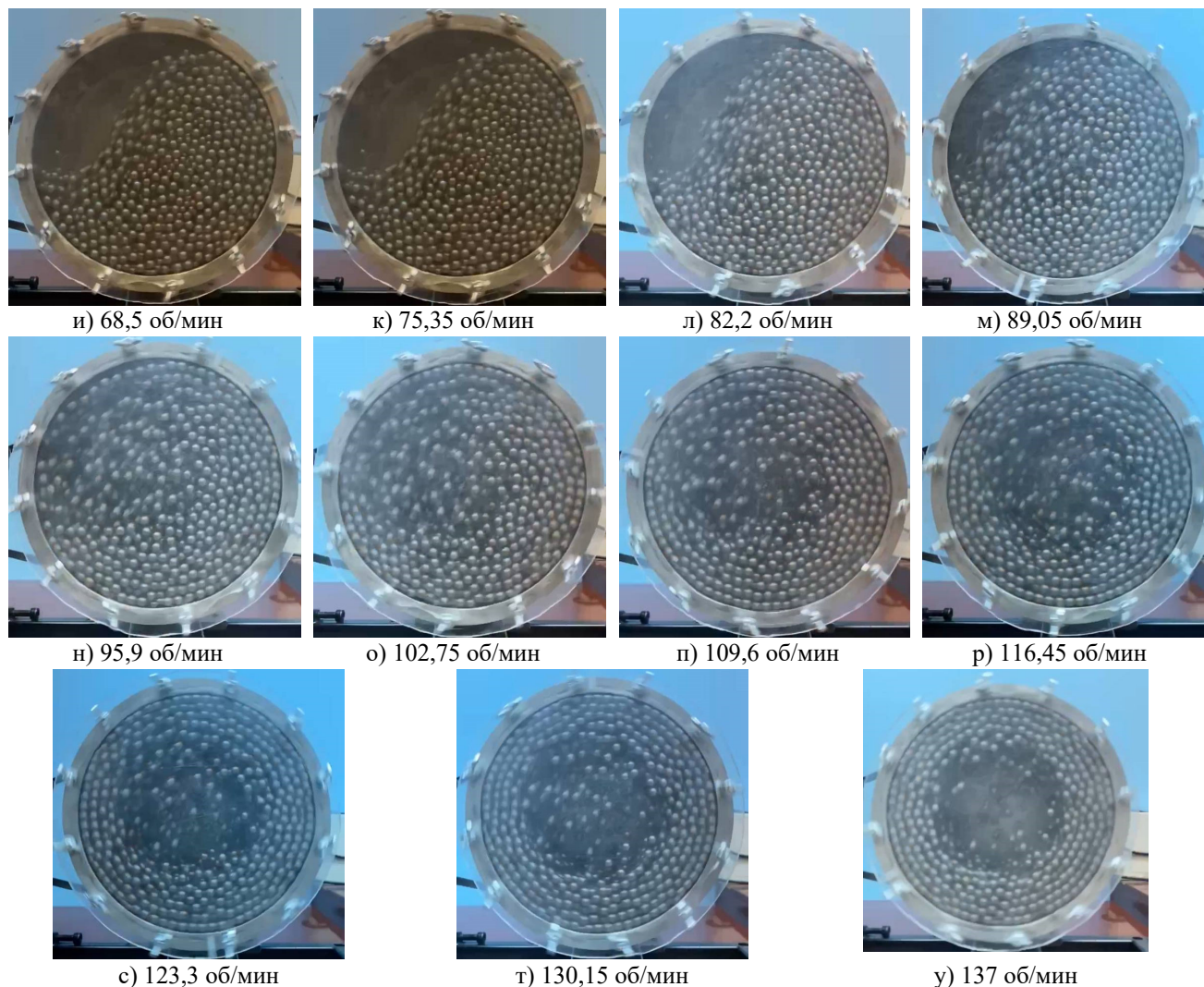


Рис. 2. Результаты, снятые с лабораторной установки

Во время экспериментального исследования было установлено, что когда частота вращения барабана находится в диапазоне от 13,7 до 61,65 об/мин, активизируется так называемый каскадный режим мельницы (рис. 2, а–з) [5]. В этом состоянии наблюдается перераспределение массы внутри барабана к его стенкам из-за наклона внутренней поверхности загрузки. Этот наклон превосходит естественный угол ската шаров, заставляя их катиться друг по другу. Движение шаров происходит медленно, что влияет на низкий уровень их кинетической энергии. Причем распределение шаров происходит таким образом, что шары наименьшим диаметром скапливаются в центре барабана. Шары, расположенные в центре барабана, оказываются в условиях, когда они не способны передвигаться по его объему и, следовательно, не могут набрать достаточно энергии для эффективного измельчения материала. В таком режиме измельчение происходит за счет легких ударов и трения, при этом движение шаров не способствует интенсивной переработке материалов.

В процессе работы мельницы при частоте вращения барабана от 68,5 до 82,2 об/мин нам открывается явление, которое можно описать как формирование режима, напоминающего водопад (рис. 2, и–л). С увеличением частоты вращения барабана от 89,05 до 102,75 об/мин можем наблюдать четко образующийся водопадный режим работы мельницы (рис. 2, м–о). Это происходит благодаря росту угловой скорости вращения барабана, способствующему усилению центробежных сил инерции. В результате этого шары внутри мельницы разделяются, набирая при этом значительные объемы энергии. В таком состоянии шары следуют траектории параболы, что приводит к усилению работы устройства через мощные удары, происходящие при их падении.

На рисунке 2 (п–с) наблюдается увеличение частоты вращения барабана от 109,6 до 123,3 об/мин. В этот момент происходит сильное прилегание шариков к периметру барабана, в результате чего процесс измельчения материала становится менее интенсивным. При увеличении частоты вращения барабана от 130,15 до 137 об/мин и выше происходит достижение критических уровней угловой скорости, при которой шары

надежно фиксируются вплотную к стенке цилиндра и совершают вращение вместе с ним. Такое состояние работы оборудования получило название режима самофутирования, где процесс обработки материала не будет происходить эффективно.

В процессе экспериментальных исследований было установлено, что каскадный режим работы шаровой мельницы наступает при частоте вращения барабана до 61,65 об/мин. Когда же частота вращения находится в пределах между 109,6 и 123,3 об/мин, активизируется режим самофутирования. Выявлено, что наиболее эффективный режим работы шаровой мельницы – это водопадный, который достигается при частоте вращения барабана между 68,5 и 102,75 об/мин.

Список использованных источников:

1. Аввакумов Е.Г. Механические методы активации в переработке природного и техногенного сырья / Е.Г. Аввакумов, А.А. Гусев. – Новосибирск : Гео, 2009. – 153 с.
2. Кузьмич Ю.В. Механическое легирование / Ю.В. Кузьмич, И.Г. Колесникова, Б.М. Фрейдин, В.И. Серба ; [отв. ред. Е. Г. Полякова]. – М. : Наука, 2005. – 213 с.
3. Optimizing ball milling parameters for controlling the internal microstructure and tensile characteristics of a laminated carbon nanotube/ aluminum-copper-magnesium composite [Электронный курс] / Behzad Sadeghi, Pasquale Cavaliere, Moara M. Castro // Journal of Alloys and Compounds, 2024. – Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925838824005140>
4. Гусева Т.С. Технология и оборудование получения композитных порошков сферической формы для селективного лазерного плавления / Т.С. Гусева, Н.А. Сапрыкина, А.А. Сапрыкин, Е.А. Ибрагимов // Инновации в машиностроении (ИнМаш – 2022) материалы докладов XIII Международной научно-практической конференции, Барнаул, 23–25 Ноября 2022. – Барнаул : АлтГТУ , 2022 . — С. 146-152
5. Дмитрак Ю.В. Движение мелющей загрузки в шаровых мельницах [Электронный курс] / Ю.В. Дмитрак. – 2021. – С. 28–34. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/dvizhenie-melyushey-zagruzki-v-sharovykh-melnitsah/viewer>

Секция 2

**Информационные технологии
и автоматизация
производственных процессов**

ИЗМЕРЕНИЕ ПОГРЕШНОСТИ ИНТЕРВАЛА ВРЕМЕНИ В ЦИФРОВЫХ СЕТЯХ СВЯЗИ

К.А. Батенков, д.т.н., проф.
МИРЭА – Российский технологический университет
119454, Россия, г. Москва, пр. Вернадского, 78
E-mail: pustur@yandex.ru

Аннотация: Показано, что оценка максимальной погрешности интервала времени и соответствующий уровень статистической достоверности рассчитывается на основе данных, полученных на различных интервалах измерения.

Ключевые слова: функция погрешности времени, относительное отклонение частоты, фазовая автоматическая подстройка частоты, погрешность частоты, цифровая система передач.

Abstract: It is shown that the estimate of the maximum error of the time interval and the corresponding level of statistical reliability are calculated on the basis of data obtained at various measurement intervals.

Keyword: time error function, relative frequency deviation, phase automatic frequency adjustment, frequency error, digital transmission system.

Синхронизация – (от греч. synchronos – одновременный) приведение двух или нескольких процессов к синхронности, то есть такому их протеканию, когда одинаковые или соответствующие элементы процессов совершаются с неизменным сдвигом по фазе друг относительно друга [1].

В телекоммуникациях *синхронизация* – это средство поддержания работы всего цифрового оборудования в сети связи на одной средней скорости [2]. Синхронизация должна существовать на трех уровнях: битовая синхронизация, синхронизация на уровне канальных интервалов (time slot) и кадровая синхронизация.

Точная работа и тщательное планирование систем синхронизации требуются не только для предотвращения возникновения неприемлемых рабочих характеристик, но и ослабления скрытых, дорогостоящих и трудноопределимых проблем и уменьшения малозаметных взаимных влияний сетей различного подчинения.

Предельные значения частоты для систем с фазовой автоматической подстройкой частоты описываются четырьмя основными характеристиками: полоса статического слежения, полоса динамического слежения, полоса синхронизации, полоса захвата [3].

Взаимосвязь отсчетов функции времени T_i , полной (обобщенной) мгновенной фазы Φ_i , времени эталонного генератора $T_{r,i}$ и погрешности времени x_i имеют вид:

$$T_i = \frac{\Phi_i}{2\pi\nu_0}, \quad x_i = T_i - T_{r,i}$$

Полоса статического слежения (hold-in range) – наибольшее смещение частоты входного опорного сигнала от номинальной частоты, в пределах которого ведомое устройство продолжает оставаться в режиме синхронизации при медленном изменении частоты во всем диапазоне частот. Таким образом, в полосе статического слежения устройство способно отслеживать медленные (квазистационарные) вариации частоты синхросигнала.

Полоса динамического слежения (pull-out range) – наибольшее смещение частоты входного опорного сигнала от номинальной частоты, в пределах которого ведомое устройство продолжает оставаться в режиме синхронизации, а за пределами которой нет, независимо от скорости изменения частоты. Таким образом, в полосе динамического слежения устройство способно отслеживать быстрые скачки частоты синхросигнала.

Полоса синхронизации (lock-in range) – наибольшее смещение частоты входного опорного сигнала от номинальной частоты, в пределах которого ведомое устройство быстро переходит на новую частоту синхронизации.

Полоса захвата (pull-in range) – наибольшее смещение частоты входного опорного сигнала от номинальной частоты, в пределах которого ведомое устройство переходит в режим синхронизации независимо от скорости захвата входного сигнала.

Все четыре вышеприведенные характеристики описываются на основе параметра погрешности частоты $\Delta\nu_i$, то есть в относительных единицах, несмотря на то что определения даны в абсолютных.

Максимальная погрешность интервала времени (МПИЕ – maximum time interval error) – максимальный размах изменения задержки сигнала синхронизации по отношению к эталонному за интервал наблюдения $\tau = nT_0$ для всех подобных интервалов в течение периода измерения $T = (N - 1)T_0$ (рис. 1).

$$m_x = \max_{1 \leq k \leq N-n} \left(\max_{k \leq i \leq k+n} x_i - \min_{k \leq i \leq k+n} x_i \right), \quad n = 1, 2, \dots, N-1.$$

Поскольку флуктуации фазы произвольны, например, могут соответствовать модели гауссового распределения, то значения отсчетов погрешности времени x_i способны принимать значения, стремящиеся к бесконечности, пусть и маловероятные [3, 4]. Таким образом, измеренные значения максимальной погрешности интервала времени m_x зависят не только от интервала наблюдения $\tau = nT_0$, но и от периода измерения

$T = (N - 1)\tau_0$, хотя и в меньшей степени. Кроме того, одно измерение максимальной погрешности интервала времени m_x по единственной реализации случайного процесса отсчетов погрешности времени x_i на данном периоде измерения T констатирует лишь конкретный результат эксперимента, что не позволяет его использовать для строгой оценки качества синхросигнала.

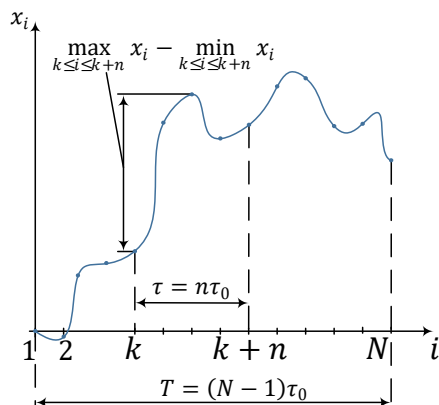


Рис. 1. Пример графика отсчетов погрешности времени

Оценка максимальной погрешности интервала времени и соответствующий уровень статистической достоверности рассчитывается на основе данных, полученных на различных интервалах измерения. Так, обозначив за X_i , $i = 1, 2, \dots, M$ набор независимых измеренных величин максимальной погрешности интервала времени при заданном интервале наблюдения τ для M периодов измерения длительностью T каждый. Упорядочив по возрастанию значения максимальной погрешности интервала времени $X_1 \leq X_2 \leq \dots \leq X_M$ и обозначив x_β квантиль порядка β случайной величины X , рассчитывается как вероятность того, что x_β попадает в интервал между отсчетами X_i и X_j :

$$P(X_i \leq x_\beta \leq X_j) = \sum_{k=i}^{j-1} C_M^k \beta^k (1-\beta)^{M-k}, \quad i < j, i, j = 1, 2, \dots, M,$$

где $P(A)$ – вероятность события A ;

$C_M^k = \frac{M!}{k!(M-k)!}$ – биномиальный коэффициент.

Список использованных источников:

1. Большая советская энциклопедия / гл. ред А.М. Прохоров. – 3-е изд. – М. : Советская энциклопедия, 1975. – Т. 19. – 647 с.
2. Сообщение по применению 1264-1. Синхронизация телекоммуникационных сетей: основные понятия. – Hewlett-Packard, 1995. – 26 р.
3. Брени С. Синхронизация цифровых сетей связи / Стефано Брени ; пер. с англ. Н.Л. Бирюкова, С.Я. Невитской, Н.Р. Триски ; под ред. А.В. Рыжкова. – М. : Мир, 2003. – 417 с.
4. Батенков А.А. Формирование сечений телекоммуникационных сетей для анализа их устойчивости с различными мерами связности / А.А. Батенков, К.А. Батенков, А.Б. Фокин // Информатика и автоматизация. – 2021. – Т. 20, № 2. – С. 371–406.

ИТ-СПЕЦИАЛИСТ БУДУЩЕГО: ХАРАКТЕРИСТИКИ, ОСОБЕННОСТИ, НАВЫКИ

А.С. Сарафанникова, ассистент

Юргинский технологический институт (филиал)

Национального исследовательского Томского политехнического университета

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26

E-mail: smmuti@tpu.ru

Аннотация: проанализированы навыки, необходимые будущему специалисту в сфере информационных технологий. Рассмотрены компетенции, входящие в учебную программу 09.03.03 Прикладная информатика по стандарту ФГОС. Предпринята попытка найти связь между навыками, предъявляемыми работодателями и компетенциями учебной программы.

Ключевые слова: self, hard и soft, digital и meta навыки, общепрофессиональные компетенции.

Abstract: We analyzed the skills of an information technology specialist. We reviewed the competencies included in the curriculum 03.09.03 Applied Informatics according to the Federal State Educational Standard. We found a relationship between the skills required by employers and the curriculum competencies.

Keyword: self, hard и soft, digital и meta skills, general professional competencies.

Понятие «цифровая грамотность» всё чаще встречается в работах разных авторов [1, 2, 3], что говорит об актуальности развития данного навыка для специалистов различного рода профессий. Некоторые авторы склонны думать, что цифровая грамотность вскоре может стать таким же базовым навыком, как привычное для нас чтение или письмо, которому мы обучаем детей с самого раннего возраста, и если проанализировать, то и знакомство с цифровой средой у ребенка происходит довольно рано.

Некоторые специалисты выделяют еще ряд навыков, которые уже считаются базовыми характеристиками успешного специалиста практически в любой сфере. Например, концентрация на объекте и управление вниманием – позволяют выделять релевантную информацию из потока и удерживать характеристики объекта в кратковременной памяти человека. Далее – эмоциональная грамотность помогает осознать личные границы, что может оказывать влияние даже на физическое здоровье человека, а также включает в себя развитие EQ – эмоционального интеллекта, то есть способность «верно» считывать эмоции собеседника, проявлять эмпатию и т. д. Следующий пункт не является инновационным, ведь такая характеристика, как творчество или креативность [2] всегда высоко ценилась в любом обществе на всех этапах его развития. Коротко можем сказать, что творческий человек способен выйти за привычные всем «рамки» при решении какой-либо задачи. Следующий навык – кросскультурность, то есть способность понять другие культуры, найти в каждой из них что-то интересное для себя, это относится не только к культурам в контексте разных стран, но и к культурам разных поколений, вопрос взаимодействия которых всегда остро стоит, в каком бы веке мы не существовали. Наконец, очень ценный навык – способность к самообучению и обучению, который помогает выработать дисциплину в профессиональной деятельности и быть гибким к изменениям в динамичном мире. Это общие навыки, которые пригодны для любого специалиста в будущем. Но что же касается ИТ-специалиста? Какие навыки там выйдут на первый план?

Выделяют 5 видов навыков которые востребованы у современных работодателей в сфере ИТ: self, hard и soft, digital, meta.

Hard и soft навыки уже практически стали обыденностью для нас, многие специалисты, профориентологи и управленцы хорошо осведомлены о данных скилах. Описание рассматриваемых понятий можно встретить в различных источниках, начиная с научных статей и заканчивая сайтами для работодателей.

Но в последнее время к уже известным навыкам добавляются и другие, которые требуют детального рассмотрения и описания. Итак, ряд навыков hard и soft дополняются «селф», «диджитал» и «мета» навыками [1, 2, 3]. Остановимся на них подробнее и рассмотрим особенности каждого.

Digital skills или цифровые навыки. По мнению российских работодателей, данные навыки являются не менее важными, чем hard и soft, так как большинство организаций, как государственных, так и частных «вплетают» в свою деятельность информационные технологии.

Фадеева Е.А. считает, что обладатель цифровых навыков имеет возможность применять цифровые устройства, сети для доступа и приложения, а также управлять информацией [4].

Self skills или навыки саморазвития. По сравнению с софт навыками, навыки «самости» относятся больше к личности, чем к характеристикам профессиональной деятельности, это и есть их основное отличие [5]. Данные навыки помогают личности осознать собственные характеристики, понять и принять свои желания, научиться ставить те цели, которые необходимы человеку, то есть находить внутреннюю мотивацию для разных видов деятельности (творческой, профессиональной и т. д.).

Метанавыки. Часть слова «мета» берет свое начало в древнегреческом языке и в переводе обозначает – между, через. С точки зрения смыслового содержания «мета» придает любому слову некоторую абстрагированность, обобщенность или даже междисциплинарность. Из этого следует, что метанавыки носят обобщенный характер: наличие у человека способностей, подходящих под разные сферы деятельности, и умение адаптировать эти способности под многообразие задач [6, 7, 8]. Для примера возьмем метод индукции, известный многим из философии. Человек, умеющий пользоваться данным методом, безусловно, будет ценным специалистом на рынке труда, но мы не можем сказать, что данный метод относится к конкретной профессии или характеристике личности, он является междисциплинарным и может быть применен при решении абсолютно разных задач, то есть это как способ мышления, привычный для человека.

Таким образом, набор характеристик, актуальных для современного и будущего ИТ-специалиста мы условно разделим на 5 групп навыков, описанных нами выше. Наша идея заключается, в повышении уровня осознания целей учебной деятельности студента в вузе. Перед глазами студента появится «инструмент», который сделает его учебно-профессиональные цели более ясными, что сможет повысить заинтересованность к обучению в высшем учебном заведении.

Все компетенции учебной программы 09.03.03 Прикладная информатика по стандарту ФГОС распределены на три группы: универсальные, общепрофессиональные, профессиональные (относятся к СУОС – самостоятельно установленным образовательным стандартам). Распределим анализируемые компетенции по классам навыков, востребованных на рынке труда в ИТ-сфере (табл. 1).

Таблица 1

Распределение компетенции ФГОС по группам навыков, необходимых работодателям

Hard	Soft	Self	Meta	Digital
ОПК-1	УК-3	УК-6	УК-1	ОПК-2
ОПК-3	УК-4	УК-7	УК-2	ОПК-5
ОПК-4	УК(У)-9 (СУОС)		УК-5	ОПК-6
ОПК-8	ОПК-9		УК-8	ОПК-7
ПК(У)-1 (СУОС)			УК-9	
ПК(У)-2 (СУОС)			УК-10	
ПК(У)-3 (СУОС)				
ПК(У)-4 (СУОС)				

Опираясь на таблицу 1, можно сделать вывод, что в процессе обучения студент получает релевантные навыки или компетенции, которые в ближайшем будущем пригодятся ему в профессиональной деятельности. Отметим, что большинство навыков относятся к профессиональным компетенциям. Но студенту это не всегда понятно, даже если особо пылливый юный ум обратится к матрице компетенций, то может не разобраться. Но вернемся к данному затруднению позже.

Итак, в «хард» вошли: применение естественнонаучных и общепрофессиональных знаний, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности; решение стандартных задач профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности; участие в разработке стандартов, норм и правил, а также технической документации, связанной с профессиональной деятельностью; участие в управлении проектами создания информационных систем на стадиях жизненного цикла; разработка требований и проектирование программного обеспечения; работы по созданию и сопровождению ИС, автоматизирующих задачи; концептуальное, функциональное и логическое проектирование систем среднего и крупного масштаба и сложности; разработка АСУП.

В «софт» навыки можно включить: способность осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде; способность осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке РФ и иностранном языке; способность использовать базовые дефектологические знания в социальной и профессиональных сферах; способность принимать участие в реализации профессиональных коммуникаций с заинтересованными участниками проектной деятельности и в рамках проектных групп.

К «селф» навыкам относится: способность поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности; способность управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни.

Метанавыки охватывают (рис. 1): осуществление поиска, критический анализ и синтез информации, применение системного подхода для решения поставленных задач; определение круга задач в рамках поставленной цели и выбор оптимальных способов их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений; восприятие межкультурного разнообразия общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах; создание и поддержка в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасных условий жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов; принятие обоснованных экономических решений в различных областях жизнедеятельности; формирование нетерпимого отношения к коррупционному поведению.

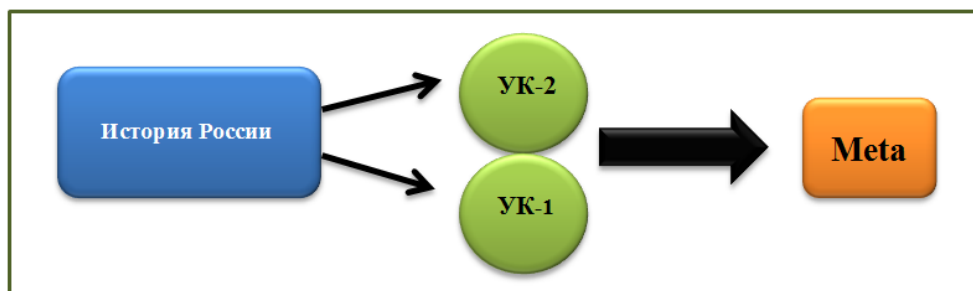


Рис. 1. Возможный качественный вклад отдельной дисциплины в развитие метанавыков

Касательно диджитал навыков, мы пришли к выводу, что для специалиста в ИТ-сфере характерно: понимание принципов работы современных информационных технологий и программных средств, в том числе отечественного производства, и использование их при решении задач профессиональной деятельности; установка программного и аппаратного обеспечения для информационных и автоматизированных систем; анализ и разработка организационно-технических и экономических процессов с применением методов системного анализа и математического моделирования; разработка алгоритмов и программ для практического применения.

Чтобы студенту было легко отслеживать собственные достижения в учебе, мы планируем разработать программный продукт (приложение), который позволит видеть конкретный прогресс образовательной деятельности в вузе в доступной форме. На данный момент есть огромные возможности для реализации собственных задумок по созданию новых программных продуктов с помощью конструкторов мобильных приложений. Мы выбрали три сервиса, позволяющих создать собственное приложение: App Inventor, Draftbit, Appsfera. Сервисы из всего представленного множества были выбраны по наиболее высоким оценкам (отзывам) от пользователей.

Затем мы проанализировали выбранные сервисы по следующим критериям: возможность бесплатного пользования, возможность редактировать код самостоятельно, наличие готовых шаблонов. Оценки по критериям распределим в таблице 2.

При создании приложения мы бы хотели видеть возможность бесплатного пользования сервисом без ограничений. Наличие кодирования для нас пока не является приоритетным критерием, так как приложение мы хотим создать как пробную версию, чтобы понять, будут ли студенты заинтересованы в его использовании, поэтому достаточно приложения с готовыми модулями и блоками. Готовые шаблоны помогут сэкономить время разработки приложения, их наличие для нас также является важным критерием.

Таким образом, на данный момент сервис Appsfera будет наиболее подходящим. Он поможет увидеть собственную идею «на деле», её недостатки и возможные пути коррекции.

Можно сделать вывод, что для повышения академической мотивации студента в вузе необходимо разработать программный продукт, который будет выступать «инструментом», позволяющим сделать учебно-профессиональные цели более ясными, что сможет повысить заинтересованность к обучению в высшем учебном заведении.

Таблица 2

Рассмотрение сервисов по критериям

Название сервиса	Критерий 1. Возможность бесплатного пользования	Критерий 2. Возможность редактировать код самостоятельно	Критерий 3. Наличие готовых шаблонов
App Inventor	Бесплатное пользование с аккаунта Google.	Нет возможности редактирования кода.	Не имеет готовых шаблонов.
Draftbit	Пользование сервисом возможно бесплатно в пробный период (14 дней)	Код можно редактировать вручную.	Имеющиеся шаблоны: игры, калькулятор, to-do list, новости, фотогалерея, образовательное приложение, аудиоплеер, шаблон голосового помощника, новости, шаблон для социальной сети
Appsfera	Есть бесплатный тариф, без ограничений по времени.	Нет возможности редактирования кода.	Шаблоны в сервисе: Онлайн-чат; Погода; Радио; Новости; Маршруты и карты; Фото и видео и др.

Список использованных источников:

1. Ольховик Н.Г. Развитие навыков цифрового профессионализма как условие подготовки конкурентно-способного специалиста / Н.Г. Ольховик // Цифровой регион: опыт, компетенции, проекты. – 2018. – № 3. – С. 362–365.
2. Дмитренко В.Е. Гибкий навык коммуникации как ключевая компетенция высокоэффективных специалистов в современных реалиях / Исторические и психолого-педагогические науки. – 2023. – № 23–3. – С. 129–135.
3. Абасова Н.И. Использование графических систем для формирования навыков ит-специалистов / Н.И. Абасова // Информационные технологии и проблемы математического моделирования сложных систем. – 2011. – № 9. – С. 125–130.

4. Фадеева Е.А. Возможности использования ИТ при изучении русского языка с целью формирования digital skills (цифровых навыков) как части цифровой культуры ребенка / Е.А. Фадеева // Ученые записки Брянского государственного университета. – 2023. – № 3 (31). – С. 17–22.

5. Гулеватая А.Н. Селф-компетенции как ядро моделей навыков для homo educandus в цифровом мире / А.Н. Гулеватая // Стратегические ориентиры современного образования. – 2020. – № 7. – С. 225–230.

6. Воробьева М.А. Эмоциональный интеллект как составляющая мета-навыков в развитии личности подростка / М.А. Воробьева // Современные тренды в профессионально-педагогическом образовании. – 2023. – № 3. С. 21–30.

7. Третьяков А.В. Инструменты цифровизации будущих специалистов на рынке труда в сфере ИТ / А.В. Третьяков // Роль бизнеса в трансформации общества. – 2023. – № 5. – С. 752–756.

8. Алферьева-Термсикос В.Б. Структурные компоненты digital skills в условиях цифровизации образования / В.Б. Алферьева-Термсикос // Эпоха науки. – 2023. – № 36. – С. 237–243.

НЕЙРОТЕХНОЛОГИИ В УПРАВЛЕНИИ ПЕРСОНАЛОМ

Е.В. Полицинская, к.пед.н, доц.,

Юргинский технологический институт (филиал)

Национального исследовательского Томского политехнического университета

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26

E-mail: Katy031983@mail.ru

Аннотация: Данная статья посвящена освящению теоретических основ применения нейротехнологий и использованию их в качестве главного инструмента в управлении персоналом. Рассмотрены перспективы развития нейротехнологий в управлении персоналом.

Ключевые слова: нейротехнологии, управление персоналом, стресс, эмоции, эффективные команды.

Abstract: This article is devoted to highlighting the theoretical foundations of the use of neurotechnologies and their use as the main tool in personnel management. The prospects for the development of neurotechnologies in personnel management are considered.

Keywords: neurotechnology, personnel management, stress, emotions, effective teams.

Создание эффективной системы управления персоналом является важной задачей для современных организаций. Это связано с тем, что персонал является ключевым ресурсом любой компании, и от его работы зависит успех бизнеса.

В последние годы нейротехнологии стали занимать важное место в современном мире. Знания о том, как работает наш мозг, нашло применение в самых разных областях, включая образование, развлечения, военные технологии, транспорт и многое другое. Управление персоналом – еще одна перспективная сфера применения нейротехнологий [1].

Историю нейротехнологий можно отсчитывать с начала XX века, когда ученые изобрели электроэнцефалографию (ЭЭГ), с помощью которой выяснили, что нейроны передают друг другу информацию посредством электрических импульсов. Однако значительный прогресс в этой области начался после Второй мировой войны, когда учёные стали активно изучать последствия травм головного мозга у ветеранов. Именно тогда появились первые попытки использовать нейротехнологии для восстановления утраченных функций.

В 1950-х годах учёные начали исследовать возможности использования электрической стимуляции для лечения болезни Паркинсона. В 1960-х годах был создан первый функциональный магнитно-резонансный томограф, который позволил визуализировать активность мозга в реальном времени.

В последние годы сфера применения нейротехнологий значительно расширилась. Они стали способны не только помогать преодолевать различные неврологические недуги, но и усиливать ментальные способности человека. Это взяли на вооружение большие корпорации, сочетая современные подходы с классическими методами (рис.1).

В попытках прийти к «идеальной» производительности труда, без переработок, крупнейшие компании активно тестируют пилотные нейротех-проекты. Например, Microsoft провела исследование с использованием нейроинтерфейсов, чтобы отследить уровень усталости своих сотрудников во время видеовстреч. В результате создали режим «Вместе» в Microsoft Teams, который предоставляет общий фон для имитации единого физического пространства и тем самым снижает когнитивную нагрузку.

Современные нейротехнологии позволяют получать более точную информацию о состоянии человека в течение рабочего дня. Например, специальные устройства могут отслеживать уровень стресса, усталости или концентрации внимания работника. Эта информация может использоваться для оптимизации рабочих процессов и повышения производительности труда [2].

Компания Emotiv разработала наушники с нейродатчиками, которые могут отслеживать эмоциональное состояние и когнитивную нагрузку пользователя. Это устройство может быть полезным для работников, осо-

бенно тех, кто выполняет задачи, требующие высокой концентрации внимания или принятия сложных решений. Оно позволяет быстро определить, когда работник испытывает стресс или усталость, и принять соответствующие меры для поддержания его продуктивности и благополучия (рис. 2).

Усталость также влечет за собой катастрофические издержки для общества. Достаточно часто происходят аварии из-за того, что водитель заснул. С развитием нейротехнологий и алгоритмов расшифровки мозговой активности, нейронные интерфейсы становятся все более точными и надежными инструментами для мониторинга усталости на рабочем месте. Они позволяют непрерывно отслеживать физиологические параметры человека, такие как частота сердечных сокращений, дыхание и уровень стресса, что помогает предотвращать переутомление и обеспечивать безопасность работников.

Еще один важный аспект, который реализуется с помощью нейротехнологий – это создание эффективных команд.

Нейротехнологии позволяют анализировать взаимодействие между людьми, их эмоциональное состояние и когнитивные способности. Это дает возможность подбирать людей с оптимальными навыками и личностными качествами для выполнения конкретных задач. Таким образом, нейротехнологии могут значительно повысить эффективность работы команды и достичь лучших результатов.

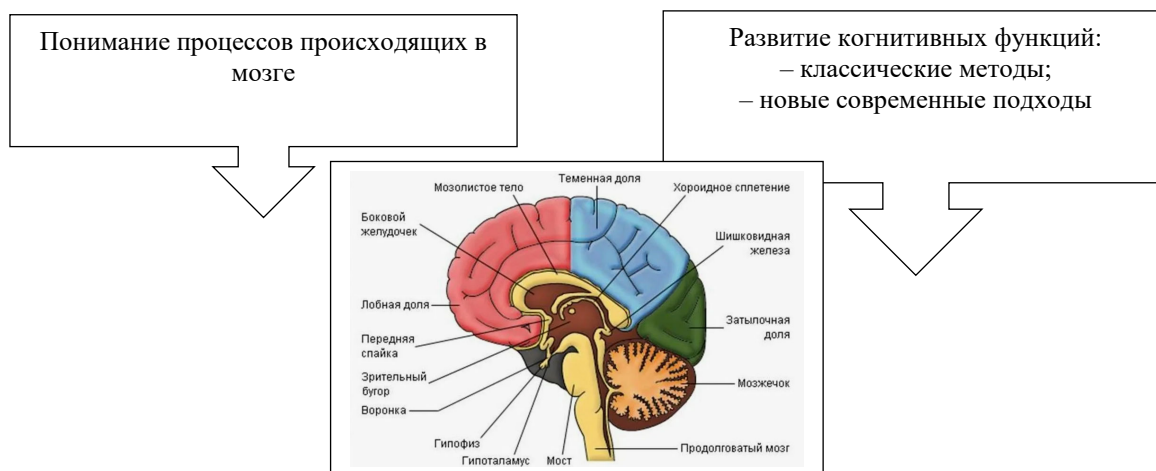


Рис. 1. Применение нейротехнологий в управлении персоналом

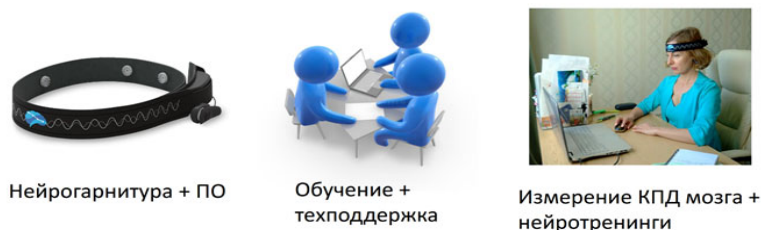


Рис. 2. Реализация нейротехнологий

Кроме того, эффективность команды можно измерить в экономических показателях: какой объем задач и в какие сроки делает команда, которую мы собрали, используя нейроданные».

Метод «360 градусов» – способ оценки сотрудников через опрос руководителей и коллег – не всегда дает объективное представление о работнике. Нейротехнологии позволяют повысить эту объективность и увидеть реальный потенциал развития. Они не просто определяют склонность к типу деятельности, а «приземляют» результаты на конкретные рабочие задачи.

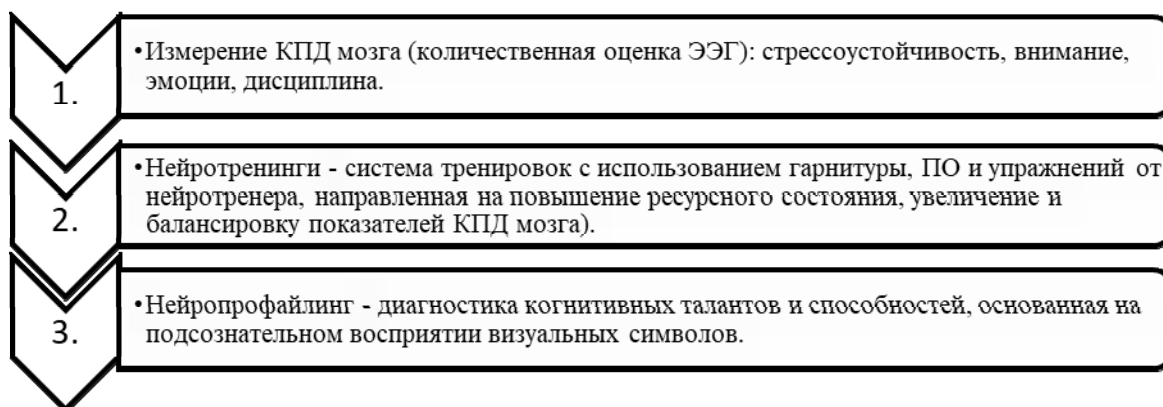
Кроме того, при работе в команде эмоции могут сыграть значимую роль. Эмоции играют большую роль в общении и взаимодействии людей. Они могут влиять на принятие решений, на отношения между коллегами и на общую атмосферу в команде. Поэтому важно учитывать эмоциональный аспект при работе в команде и стараться поддерживать положительную обстановку.

Более восприимчивые к эмоциональному контенту люди склонны демонстрировать более интенсивные нейронные реакции в определенных областях мозга в строго определенных временных интервалах, характеризующих специфические фазы процесса обработки эмоций мозгом.

В результате можно получить нейронные корреляты эмоционального интеллекта. В дальнейшем это можно использовать для разработки систем оценки компетенций и личностных особенностей – кейс-тесты, опросники, геймифицированные методики. Кроме того, эти модели и данные можно применять в глубинных интервью, проводя управленческий ассессмент.

Это позволяет нам определить уровень эмоциональной восприимчивости руководителя, что, в свою очередь, указывает на его стили управления, стили принятия решений, особенности культуры, которую он развивает в организации. Как результат, это позволяет точнее спрогнозировать его поведение в новых условиях – а это нередко одна из основных задач управленческого ассессмента.

Таким образом, можно выделить, где и как могут применяться нейротехнологии в системе управления персоналом:



Но при всех достоинствах, не следует нейротехнологии использовать для контроля и проверки сотрудников. Их цель – помочь работодателям лучше понимать потребности и возможности своих сотрудников, чтобы создать условия для их развития и достижения максимальной эффективности. Это позволит сохранить ценные кадры и повысить общую производительность организации [3].

Таким образом, можно сделать вывод, что нейротехнологии продолжают развиваться и находить всё новые применения. Можно предположить основные направления дальнейшего развития нейротехнологий в управлении персоналом:

1. Массовизация производства нейроинтерфейсов и программ в сфере управления персоналом предполагает увеличение объема выпуска данных устройств и программного обеспечения, снижение их стоимости и повышение доступности для предприятий и организаций. Это может привести к тому, что все больше компаний начнут использовать нейроинтерфейсы и программы для мониторинга состояния сотрудников, оценки их компетенций и потенциала, а также для создания более эффективных команд [4].

2. Персонализация и отдельная работа с каждым сотрудником подразумевают индивидуальный подход к каждому члену команды. Это может включать в себя разработку индивидуальных планов развития, учет личных особенностей и потребностей каждого сотрудника, а также предоставление персонализированных инструментов и ресурсов для достижения успеха. Такой подход может помочь повысить мотивацию и вовлеченность сотрудников, а также улучшить их производительность и результативность.

3. Развитие нейротехнологий для формирования эффективных команд с учетом психофизиологии каждого сотрудника предполагает использование специальных устройств и программного обеспечения для мониторинга и анализа психофизиологического состояния членов команды. Это может помочь определить, какие сотрудники лучше всего работают вместе, какие роли и задачи подходят каждому из них, а также предсказать возможные конфликты и проблемы в команде. Такой подход может помочь создать более эффективные и гармоничные команды, повысить производительность и качество работы.

Благодарность: «Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-28-00046, <https://rscf.ru/project/23-28-00046/>».

Список использованных источников:

1. Ширинкина Е.В. Нейротехнологии в системе управления знаниями на предприятиях / Е.В. Ширинкина // Вопросы управления. – 2019. – № 5 (60). – С. 214–220.

2. Евстратова Е.И. Применение нейросетевого анализа в процессах управления персоналом / Е.И. Евстратова // Молодой ученый. – 2018. – № 35 (221). – С. 31–33. – URL: <https://moluch.ru/archive/221/52515/> (дата обращения: 01.04.2024). – Текст: непосредственный.

3. Управление состоянием и формирование команд: как еще применяют нейротехнологии в HR – URL: <https://rb.ru/opinion/upravlenie-sostoyaniem-i-formirovanie-komand-kak-eshe-primenyayut-nejrotehnologii-v-hr/?ysclid=luglqc8dd591074729> (дата обращения: 01.04.2024). – Текст: электронный.

4. Maja Rožman Integrating artificial intelligence into a talent management model to increase the work engagement and performance of enterprises / Maja Rožman, Dijana Oreški, Polona Tominc. – 2022. – 13 p. – URL: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1014434> (дата обращения: 01.04.2024). – Текст: электронный.

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ: ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ И ПРИМЕНЕНИЕ В РАЗЛИЧНЫХ ОБЛАСТЯХ

С.В. Разумников, к.т.н., доц., И.В. Мишин^а, студ. гр. 17В31

Юргинский технологический институт (филиал)

Национального исследовательского Томского политехнического университета

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26

E-mail: ^аdemolove7@inbox.ru

Аннотация: Статья посвящена актуальным тенденциям развития искусственного интеллекта и машинного обучения, а также их применению в различных сферах деятельности. Рассматриваются такие направления, как глубокое обучение, автономные системы, а также примеры использования ИИ и машинного обучения в медицине, финансах, производстве и других отраслях экономики. Подчеркивается значимость дополнительных исследований и разработок для успешного внедрения этих технологий.

Ключевые слова: искусственный интеллект, машинное обучение, тенденции развития, информационные технологии.

Abstract: The article is devoted to current trends in the development of artificial intelligence and machine learning, as well as their application in various fields of activity. Areas such as deep learning, autonomous systems, as well as examples of the use of AI and machine learning in medicine, finance, manufacturing and other sectors of the economy are considered. The importance of additional research and development for the successful implementation of these technologies is emphasized.

Keywords: artificial intelligence, machine learning, development trends, information technology.

Введение

Искусственный интеллект (ИИ) и машинное обучение являются одними из самых перспективных направлений в области информационных технологий. Они стали одними из самых обсуждаемых тем. Эти технологии проникают во все сферы жизни, от медицины до финансов, и их применение становится все более широким. Они представляют собой комплекс методов и алгоритмов, позволяющих компьютерам выполнять задачи, которые ранее были доступны только человеку. В данной статье рассмотрим тенденции развития ИИ и машинного обучения, а также их применение в различных областях.

Принцип работы искусственного интеллекта заключается в имитации функций человеческого мозга в машине. Вместо того чтобы программировать каждую отдельную задачу, разработчики создают алгоритмы, которые позволяют машине учиться и адаптироваться к новым ситуациям. Основой искусственного интеллекта является машинное обучение. Оно включает в себя различные методы и алгоритмы, которые позволяют компьютерам обучаться на основе данных, а не быть жестко запрограммированными. Существует два основных типа машинного обучения: обучение с учителем и обучение без учителя.

Обучение с учителем предполагает, что у нас есть набор размеченных данных, где каждому примеру соответствует правильный ответ. Система обучается на этих данных и затем пытается предсказать правильный ответ для новых примеров. Этот подход широко используется в приложениях, где есть четкие правила, такие как классификация изображений или распознавание речи.

Обучение без учителя, напротив, не требует размеченных данных. Система сама находит шаблоны и структуры в данных, создавая модель, которая наилучшим образом описывает эти данные. Этот подход часто используется в задачах кластеризации и визуализации данных.

Важным аспектом искусственного интеллекта является способность к обучению. Это означает, что система может улучшать свою производительность на основе обратной связи. Это достигается с помощью алгоритмов, которые корректируют параметры модели на основе ошибок, сделанных в прошлом. Однако, несмотря на все свои преимущества, искусственный интеллект сталкивается с рядом проблем. Одна из них – проблема «черного ящика», когда система принимает решение, но трудно понять, почему она приняла именно такое решение. Другая проблема – предвзятость, когда система может воспроизводить и даже усиливать предвзятые представления, присутствующие в обучающих данных.

Тенденции развития ИИ и МО

Одной из главных тенденций развития ИИ и МО является автоматизация процессов принятия решений. Системы, основанные на ИИ и МО, способны анализировать большие объемы данных и делать выводы на основе полученной информации. Это позволяет сократить время на принятие решений и повысить их точность.

Также главной тенденцией развития ИИ является использование глубокого обучения (Deep Learning). Это метод машинного обучения, который использует нейронные сети для анализа больших объемов данных и выявления сложных закономерностей.

Глубокое обучение уже применяется в таких областях, как распознавание речи, обработка естественного языка, компьютерное зрение и многих других. Помимо этого, ИИ и МО широко используется в области робототехники. Роботы, оснащенные системами ИИ и МО, могут выполнять сложные задачи, которые ранее были доступны только человеку. Это открывает новые возможности для автоматизации производства и повышения эффективности работы.

Другой важной тенденцией является развитие автономных систем. Автономные системы могут самостоятельно принимать решения на основе данных, полученных от датчиков или других источников информации. Примерами автономных систем являются беспилотные автомобили, роботы-помощники и дроны.

Применение ИИ и машинного обучения в различных областях имеет огромный потенциал. Например, в медицине ИИ может использоваться для диагностики заболеваний на ранних стадиях, прогнозирования течения болезни и выбора оптимального лечения, анализа медицинских изображений и даже для разработки новых лекарств. Эти технологии позволяют врачам быстрее и точнее ставить диагнозы, а также сократить время на проведение исследований.

В финансовой сфере ИИ может помочь в анализе больших объемов данных о клиентах банка, чтобы предложить им наиболее подходящие продукты и услуги. Здесь они используются для анализа данных о клиентах, прогнозирования рисков и оптимизации портфелей инвестиций. Это позволяет банкам и инвестиционным компаниям принимать более обоснованные решения и повышать свою прибыль. В банковской сфере ИИ используется для автоматизации процессов кредитного скоринга и оценки рисков. Он позволяет банкам быстро обрабатывать большие объемы данных клиентов и принимать решения о выдаче кредита на основе этих данных. Кроме того, ИИ может использоваться для борьбы с мошенничеством, например, путем обнаружения подозрительных транзакций или выявления потенциальных жертв финансовых пирамид.

Кроме того, ИИ и машинное обучение могут быть использованы в производстве для оптимизации процессов и повышения эффективности работы оборудования. Также они могут помочь в разработке новых материалов и продуктов и в создании новых технологий. В розничной торговле ИИ помогает оптимизировать процессы логистики и управления запасами. Он может предсказывать спрос на товары и определять оптимальное количество товаров для заказа у поставщиков. Также ИИ может использоваться для персонализации предложений клиентам на основе их предыдущих покупок или поведения на сайте магазина.

В автомобильной промышленности ИИ используется для создания самоуправляемых автомобилей. Такие автомобили могут автоматически управлять скоростью движения, торможением и поворотами, что повышает безопасность дорожного движения и уменьшает вероятность аварий. Кроме того, ИИ может использоваться для создания интеллектуальных систем помощи водителям, которые помогают им принимать правильные решения на дороге.

Однако, несмотря на все преимущества, ИИ и МО также вызывают ряд проблем. Одна из них – это проблема этики и безопасности. Системы ИИ и МО могут быть использованы для манипуляции людьми или для создания оружия. Поэтому важно разрабатывать и применять эти технологии с учетом этических норм и принципов безопасности. В таблице 1 представлены плюсы и минусы машинного обучения.

Таблица 1

Плюсы и минусы машинного обучения

Плюсы	Минусы
Высокая точность	Сложность интерпретации результатов
Автоматизация процессов	Зависимость от качества данных
Возможность обработки больших объемов данных	Ограниченность в решении новых задач без перенастройки
Способность к обучению и адаптации	Риск предвзятости и дискриминации
Экономия времени и ресурсов	Необходимость большого объема данных для обучения

Плюсы машинного обучения включают высокую точность прогнозов благодаря способности моделей обучаться на больших объемах данных. Автоматизация процессов позволяет сократить время и ресурсы, затрачиваемые на выполнение рутинных задач. Машинное обучение также обладает способностью к обучению и адаптации, что делает его полезным инструментом в условиях изменяющихся условий.

Минусы машинного обучения связаны с трудностями интерпретации результатов, поскольку модели часто работают как «черный ящик».

Модели машинного обучения требуют качественных и полных данных для обучения, и если данные недостаточны или содержат ошибки, это может негативно сказаться на результативности модели. Также стоит учитывать риск предвзятости и дискриминации, так как модели могут воспроизводить и усиливать существующие предрассудки в данных.

Заключение

В целом, ИИ и МО – это технологии, которые имеют огромный потенциал для улучшения жизни людей. Они могут помочь автоматизировать рутинные задачи, повысить эффективность работы и улучшить качество жизни. Однако, их применение требует внимательного подхода и учета всех возможных последствий и для успешного использования этих технологий необходимо провести дополнительные исследования и разработки. Их использование может повысить эффективность бизнес-процессов, улучшить качество продукции и услуг, а также снизить затраты на производство.

Список использованных источников:

1. Разумников С.В. Некомпенсаторное агрегирование и рейтингование провайдеров облачных услуг / С.В. Разумников // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2018. – Т. 21, № 4. – С. 63–69.
2. Разумников С.В. Оценка эффективности и рисков применения облачных ИТ-сервисов / С.В. Разумников // Научные труды Вольного экономического общества России. – 2014. – Т. 184, № 4. – С. 294–304.
3. Разумников С.В. Планирование развития облачной стратегии на основе применения многокритериальной оптимизации и метода STEM / С.В. Разумников // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2020. – Т. 23, № 1. – С. 53–61.
4. Разумников С.В. Разработка программного обеспечения агрегированных рейтингов на основе метода порогового агрегирования / С.В. Разумников // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2021. – № 2. – С. 138–152.
5. Разумников С.В. Модели, алгоритмы и программное обеспечение поддержки принятия стратегических решений к переходу на облачные технологии: монография / С.В. Разумников. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2020. – 176 с.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИИ И ЗАКАЗЧИКОВ

А.А. Захарова, д.т.н., проф., В.А. Гиниятова^а, студ.

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

634050, г. Томск, пр. Ленина, 40

E-mail: ^аValeryaLengly02@gmail.com

Аннотация: В настоящее время, большинство разработчиков средств защиты информации для поиска испытательных лабораторий, осуществляющих сертификацию средств защиты информации, обращаются к сети Интернет. В статье представлены результаты проектирования информационной системы (в виде сайта) для испытательной лаборатории ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», которая специализируется на выполнении услуг по оценке защищенности программных и программно-аппаратных средств. Проведен анализ аналогов, разработана дорожная карта сайта.

Ключевые слова: безопасность, испытательная лаборатория, разработка сайта, дорожная карта.

Abstract: Currently, most developers of information security tools turn to the Internet to search for testing laboratories that certify information security tools. The article presents the results of information system site design (as a site) for the testing laboratory of FSUE «RFNC-VNIIEF», which specializes in performing security assessment services for software and hardware. The analysis of analogues was carried out, a roadmap of the site was developed.

Keywords: security, testing laboratory, website development, roadmap.

В современном мире, где угрозы кибербезопасности нарастают с каждым днем, безопасность информационных систем становится неотъемлемой составляющей жизнеспособности любого бизнеса или организации.

Одним из важнейших способов обеспечения безопасности информационных систем является сертификация средств защиты информации – процесс оценки и подтверждения соответствия информационных технологий, программного обеспечения, устройств или систем защиты определенным стандартам и требованиям безопасности. Сертификация средств защиты информации включает в себя сертификационные испытания, которые проводятся в специальных испытательных лабораториях, перечень которых представлен на сайте ФСТЭК России в разделе «Реестр испытательных лабораторий» [1].

Чтобы приступить к реализации информационной системы (в виде сайта) испытательной лабораторией, необходимо прописать четкие функциональные требования, основываясь на анализе существующих сайтов испытательных лабораторий [2].

Для этого были выбраны следующие критерии:

- доступность информации: сайт должен предоставлять полную информацию об услугах, процессах проведения и требованиях;
- актуальность информации: информация должна быть актуальной и регулярно обновляться;
- удобство использования: сайт должен содержать интуитивно понятный интерфейс и грамотную навигацию, чтобы потенциальный заказчик мог без трудностей найти интересующую его информацию;
- показатель качества предоставляемых услуг: сайт должен демонстрировать высокое качество услуг посредством предыдущих работ, отзывов клиентов;
- клиентоориентированность: сайт должен быть ориентирован на потребности клиентов, например онлайн-подача заявки на любой тип предоставляемых услуг.

Для проведения анализа были выбраны сайты компании «РНТ» – Российские наукоёмкие технологии, АО «НПО Эшелон» и АО «РАМЭК» [3] [4] [5].

Сайт компании «РНТ» предоставляет подробную информацию о ее услугах и требованиях, а также о текущих исследованиях и проектах. Информация доступна в различных разделах сайта с удобной навигацией. Сайт регулярно обновляется, о чем свидетельствуют раздел «Новости» и обновленные разделы с информацией о продукции, что позволяет клиентам всегда быть в курсе последних событий и изменений. Интерфейс сайта интуитивно понятен, что облегчает поиск информации, которая может быть полезна потенциальным заказчикам. Кроме того, на сайте представлены примеры реализованных проектов и перечень заказчиков, что демонстрирует высокое качество предоставляемых услуг и укрепляет доверие к компании. Сайт также предоставляет возможность подать онлайн-заявку для получения консультации, что делает взаимодействие с клиентами более удобным и быстрым.

Сайт АО «НПО Эшелон» также освещает информацию об услугах в достаточной степени, но отслеживать обновление контента затруднительно, из-за отсутствия раздела «Новости». Интерфейс сайта также можно причислить к интуитивно-понятным для использования. Сайт также предоставляет свои разработки, что помогает клиентам оценить качество предоставляемых услуг компанией, но стоит отметить отсутствие отзывов клиентов, что может привести к уменьшению доверия. Преимуществом является реализация на сайте возможности онлайн-подачи заявки на консультацию.

Сайт АО «РАМЭК» обеспечивает клиентов подробной и актуальной информацией. Регулярное обновление контента гарантирует, что посетители всегда могут получить актуальные данные. Интерфейс сайта понятен и удобен в использовании благодаря разбиению раздела «Продукты и услуги» на категории. Примеры успешных проектов и перечня заказчиков подтверждают высокое качество предоставляемых услуг. Также реализована онлайн-форма подачи заявок на консультацию.

На основе проведенного анализа, помимо ознакомления с услугами испытательной лаборатории, появляется необходимость в реализации личного кабинета заказчика и личного кабинета администратора. Личный кабинет заказчика позволит отправлять заявки на сертификацию средств защиты информации, аудит информационной безопасности или на консультацию, а также отслеживать статус рассмотрения заявки и реализует возможность получения результатов рассмотрения заявки. Личный кабинет администратора позволит сотрудниками испытательной лаборатории оперативно обрабатывать поступающие заявки. Внедрение функции регистрации и авторизации позволит заказчикам управлять своими заявками и получать результаты рассмотрения, что в свою очередь увеличит клиентоориентированность сайта испытательной лаборатории.

В рамках разработки сайта для испытательной лаборатории требуется детальное описание бизнес-процессов, которые будут реализованы на данной платформе с целью обеспечения эффективного взаимодействия с потенциальными заказчиками. Ниже представлено описание основных бизнес-процессов.

Процесс предоставления информации об испытательной лаборатории: в рамках данного процесса необходимо осуществить детальное описание предлагаемых лабораторией услуг и уже реализованных проектов и отзывов. Этот процесс позволит потенциальным клиентам ознакомиться с предлагаемыми услугами и принять решение о необходимости сертификации.

Процесс регистрации: потенциальные заказчики могут зарегистрироваться на сайте, предоставив необходимую информацию. После регистрации потенциальному заказчику доступен личный кабинет с возможностью отправки заявки на сертификацию средства защиты информации, аудита информационной безопасности или консультации.

Процесс авторизации: позволяет обеспечить потенциального заказчика доступом к личному кабинету для отслеживания статуса рассмотрения заявки и получения результатов рассмотрения заявки.

Процесс отправки заявки на консультацию: потенциальный заказчик может отправить заявку на консультацию. Этот процесс включает в себя консультирование со специалистом по услугам, предоставляемыми испытательной лабораторией, по аудит информационной безопасности или по сертификации средств защиты информации (прайс-лист, уточнение перечня документов, заполнение необходимых данных о средствах защиты).

Процесс отправки заявки на аудит информационной безопасности: потенциальный заказчик может отправить заявку на аудит информационной безопасности, который производится по отношению к изделиям-ИТ, автоматизированным и информационным системам согласно предъявляемым требованиям безопасности информации.

Процесс записи на сертификацию средства защиты информации: потенциальный заказчик может отправить заявку на сертификацию средства защиты информации.

Процесс обработки заявки заказчика: сотрудники испытательной лаборатории рассматривают полученную заявку и отправляют технико-коммерческое предложение.

Процесс обеспечения безопасности данных: так как на сайте могут храниться чувствительные данные о пользователях и средствах защиты информации, важно реализовать процессы обеспечения безопасности данных, включая шифрование информации, защиту от несанкционированного доступа и регулярное аудирование системы.

Исходя из описанных бизнес-процессов была реализована дорожная карта сайта, которая наглядно отображает структуру сайта (рисунок 1).

Для разработки сайта лаборатории были выбраны следующие инструменты разработки:

– язык PHP, позволяющий генерировать динамическое содержимое страницы и обеспечивающий взаимодействие с базами данных;

– JS/HTML+CSS – JavaScript добавляет интерактивность страницы, HTML и CSS отвечают за внешний вид страницы, включая разметку и стили. Также в качестве средства разработки был выбран фреймворк Bootstrap, который дает возможность сосредоточиться на создании логики системы, значительно ускорив процесс разработки frontend-составляющей сайта;

– в качестве СУБД была выбрана MySQL, преимуществом которой является обработка больших объемов данных.

Внедрение разработанной информационной системы (в виде сайта) позволит привлечь потенциальных заказчиков, организовать удобное взаимодействие заказчика с исполнителем, предоставит полную информацию об испытательной лаборатории, предлагаемых услугах и опыте лаборатории, а также обеспечит инвестиционную привлекательность и увеличит узнаваемость на внешнем рынке.

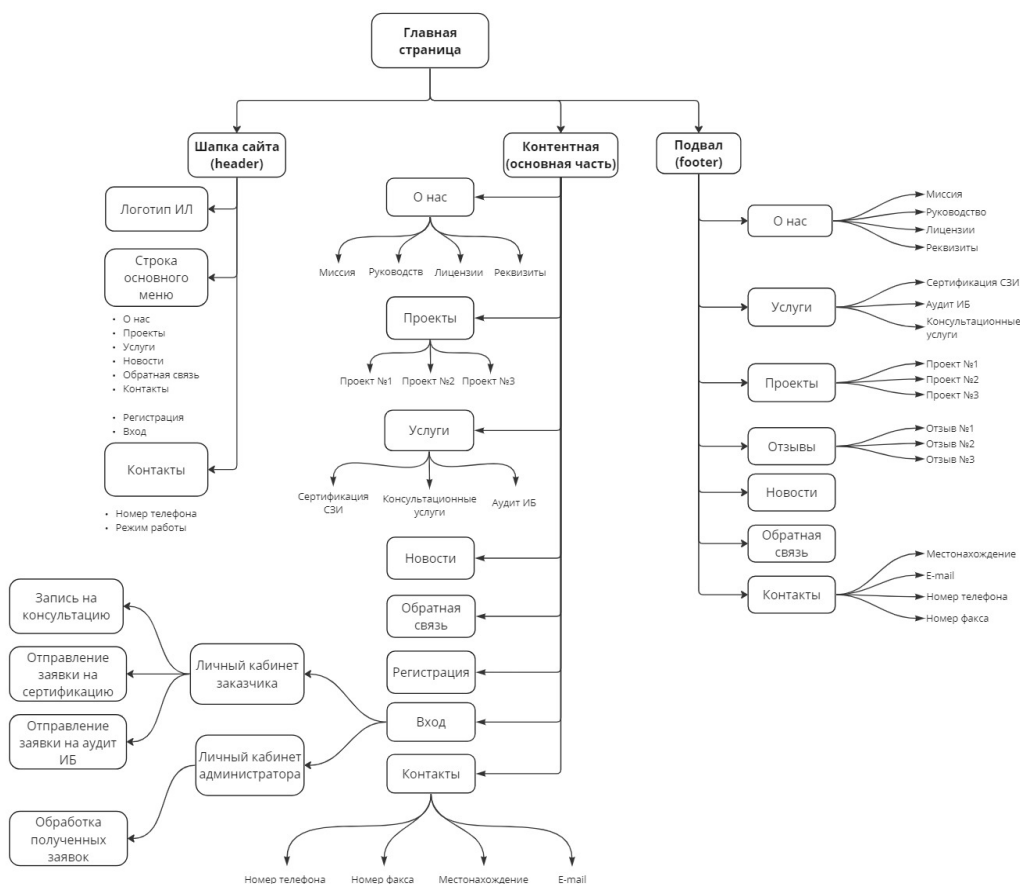


Рис. 1. Дорожная карта сайта испытательной лаборатории

Список использованных источников:

1. Реестр аккредитованных ФСТЭК России испытательных лабораторий: сайт ФСТЭК России. – URL: <https://reestr.fstec.ru/reg7> (дата обращения: 07.04.2023). – Текст: электронный.
2. Догнать и обогнать конкурентов: грамотный анализ сайта : сайт webest. – URL: <https://webest.ru/blog/kak-provodit-analiz-saytov-konkurentov-chtoby-ne-ustupat-protivnikam-i-prodvinut-svoy-veb-resurs> (дата обращения: 07.04.2023). – Текст: электронный.
3. Компания «РНТ»: сайт компании. – URL: https://www.rnt.ru/ru/press_center/novosti (дата обращения: 07.04.2023). – Текст: электронный.
4. Эшелон: сайт компании. – URL: <https://npo-echelon.ru/> (дата обращения: 07.04.2023). – Текст: электронный.
5. РАМЭК: сайт компании. – URL: <https://www.ramec.ru/> (дата обращения: 07.04.2023). – Текст: электронный.

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА И АНАЛИЗА ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ

А.А. Захарова, д.т.н., проф., П.А. Куминов^а, студ.

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

634045, г. Томск, ул. Ленина, 40

E-mail: ^аpavekum@mail.ru

Аннотация: обоснована актуальность разработки системы учета, мониторинга и анализа проектной деятельности студентов в университете, проведено моделирование системы с помощью методологии IDEF0.

Ключевые слова: система учета студенческих проектов, проектная деятельность студентов, студенческие стартапы, мониторинг проектной деятельности, моделирование систем.

Abstract: The relevance of developing a system for accounting, monitoring and analysis of students' project activities at the university was substantiated, and the system was modeled using IDEF0 methodology.

Keyword: Accounting system for student projects, student project activities, student startups, monitoring of project activities, systems modeling.

Студенческое предпринимательство является важным элементом в развитии бизнес-сектора, экономики, а также технологического суверенитета страны. Не смотря на всестороннюю поддержку этой отрасли, студенческие стартапы сталкиваются с различными проблемами: недостаток подготовки и планирования, ошибки в выборе бизнес-модели, ошибки в выборе команды и другие [1].

Часть проблем можно решить, используя методику уровня готовности технологий УГТ). Она позволит отслеживать технологический прогресс, установить степень сложности продукта и связанные с этим риски [2].

Таким образом становится ясной необходимость в инструменте, который бы позволял отслеживать состояния студенческих проектов в университете.

Целью разработки системы является создание такого инструмента. Целью системы является информационная поддержка в виде:

1. Учета проектов и мониторинга этапов их создания.
2. Описания реализованных в рамках проектов продуктов по уровням готовности технологии для оценки их зрелости.
3. Предоставления статистики в виде таблиц и графиков для проведения аналитики: выявление трудностей на конкретных УГТ, выявление факультетов, кафедр и направлений подготовки с наиболее вовлеченными в проектную деятельность студентами.

В ходе проведения обзора систем-аналогов, не было выявлено таких, которые бы в полной мере реализовывали предлагаемые функциональные возможности.

Первым этапом в создании информационной системы является ее моделирование. В качестве нотации был выбран IDEF0. На рисунке 1 представлена контекстная диаграмма А-0.

В качестве механизмов выступают преподаватель и аналитик.

Роль преподавателя в системе: создание проектов, разбиение их на этапы, добавление участников, выдача заданий и выставление им оценок.

Роль аналитика: создание запроса на получения аналитического отчета.

В качестве ограничений выступают учебные планы и ранее упоминавшаяся шкала уровня готовности технологий.

Появление в модели учебных планов обусловлено тем, что проекты обычно выполняются в рамках учебных дисциплин – специализированных, например «Основы проектной деятельности», «Проектная деятельность», «Учебно-проектная деятельность» или же связанных с направлением подготовки и профилем обучения студента.

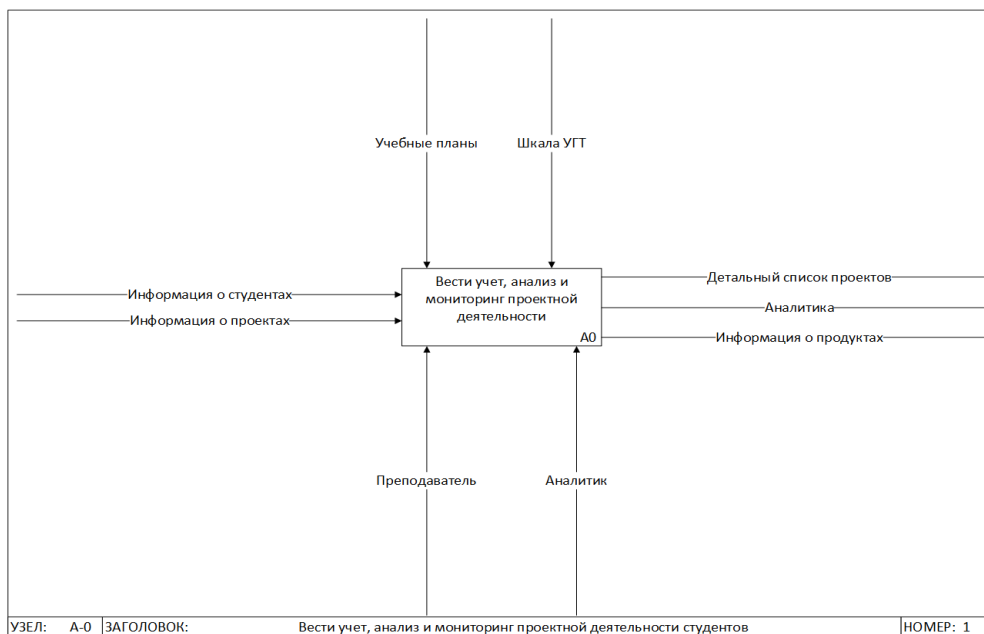


Рис. 1. Контекстная диаграмма А-0

Более подробно процесс разобран в рамках контекстной диаграммы А-1 на рисунке 2.

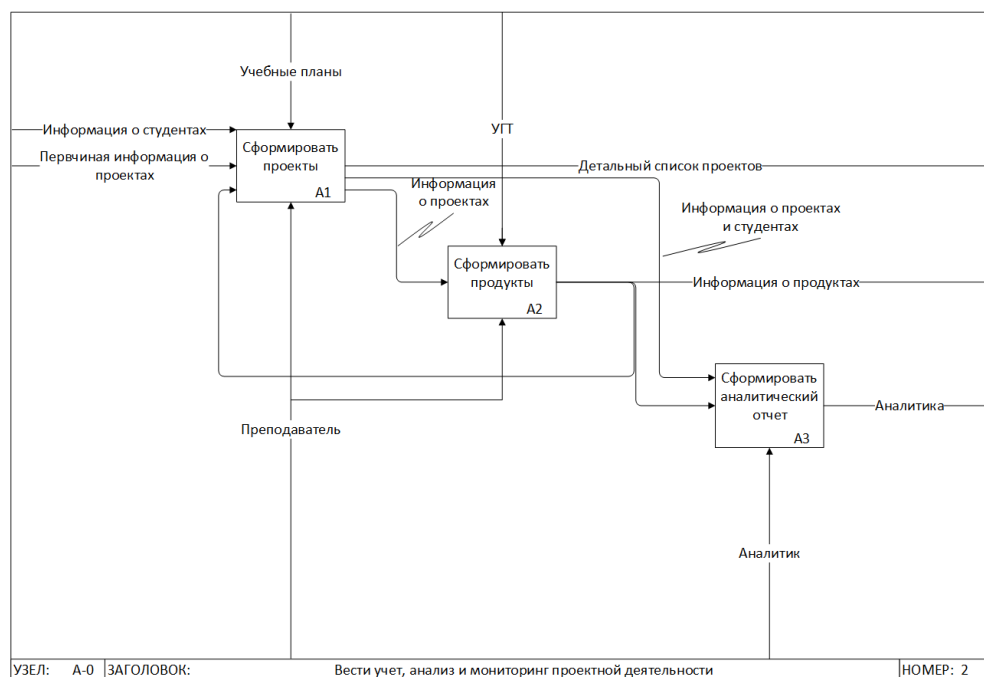


Рис. 2. Контекстная диаграмма А-1

Здесь видно, что процесс состоит из трех функций:

1. Формирование проектов: преподаватель создает проект, этапы, назначает на них исполнителей и распределяет задачи между участниками, оценивает их работу. Каждый этап выполняется студентом в рамках одной или нескольких дисциплин.
2. Формирование продуктов: в ходе работы над проектом создаются продукты, которые в свою очередь также могут пойти в основу для будущих проектов. Текущее состояние продуктов оценивается с помощью шкалы УГТ.
3. Формирование аналитического отчета: в рамках данной функции аналитик формулирует запрос, на основе которого система формирует отчет. Например, среднее время продвижения продукта по УГТ, преемственность продуктов по проектам, активность студентов, кафедр, факультетов в проектной деятельности и др.

Создание такой системы позволит более эффективно отслеживать прогресс проектов за счет разбиения на этапы и создаваемых в результате продуктов благодаря использованию шкалы уровня готовности технологий. Аналитический модуль позволит выявить наиболее успешные с точки зрения проектной деятельности кафедры и поделиться их практиками с другими.

Список использованных источников:

1. Воробьев С.В. Особенности создания студенческих стартап-проектов с целью развития молодежного предпринимательства / С.В. Воробьев, Л.Г. Микаелян // Вопросы отраслевой экономики. – 2023. – № 7 (4). – URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_57692308_71455819.pdf (дата обращения: 05.04.2024). – Текст: электронный.

2. Брутян М.М. Применение экспертно-тестовой методики оценки уровней готовности технологий для решения практических задач в наукоемких отраслях / М.М. Брутян // Научные исследования экономического факультета. – 2015. – № 7 (3). – URL: <https://archive.econ.msu.ru/sys/raw.php?o=3693&p=attachment> (дата обращения: 05.04.2024). – Текст: электронный.

ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ В ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМАХ, ОСНОВАННЫХ НА ЗНАНИЯХ

*В.В. Романенко, зав. кафедрой АСУ, А.А. Поврозник^а, студ.
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники
634050, г. Томск, пр. Ленина, 40
Email: ^аa.a.povroznik@gmail.com*

Аннотация: Данная статья представляет аналитическое и практическое исследование проблематики принятия решений в рамках экспертных систем, сосредотачивая внимание на важности использования онтологических моделей для данного процесса. В условиях динамичного развития информационных технологий и повышения сложности информационных систем возникает потребность в эффективных методах принятия решений. В этом контексте, применение онтологий является перспективным подходом, позволяющим формализовать знания и автоматизировать процесс принятия решений. Статья представляет собой обзор существующих подходов и анализ их применения в рамках процесса постановки медицинского диагноза пациентам.

Ключевые слова: принятие решений, онтология, знания, экспертные системы, uml, owl.

Abstract: This article presents an analytical and practical study of the problems of decision-making within expert systems, focusing on the importance of using ontological models for this process. In the context of the dynamic development of information technologies and the increasing complexity of information systems, there is a need for effective decision-making methods. In this context, the use of ontologies is a promising approach that allows to formalize knowledge and automate the decision-making process. The article provides an overview of existing approaches and an analysis of their application in the process of making a medical diagnosis to patients.

Keywords: decision making, ontology, knowledge, expert systems, uml, owl.

Процесс принятия решений кардинально менялся на протяжении веков. Если расцвет капитализма стимулировал появление системного подхода, появление новых подходов управления и развитие менеджмента. То начало XX века ознаменовалось появлением теорий с акцентом на рациональность, стандартизацию и улучшение процессов. Важным аспектом середины XX века стало управление рисками, прогнозирование и оптимизация процессов принятия решений. С распространением компьютерных технологий и информационных систем во второй половине XX века и начале XXI века появились методы интеллектуальных систем, автоматизации в области принятия решения и алгоритмы прогнозирования. Были разработаны новые подходы к интеллектуальным системам принятия решений, включая машинное обучение, нейронные сети, интеллектуальный анализ данных, Data Mining (анализ и извлечение ценных знаний), обработку естественного языка и онтологическое моделирование. Сегодня интеллектуальные системы принятия решений находят применение в самых разнообразных сферах, от финансов и медицины до производства и управления ресурсами.

С развитием информационных технологий и увеличением объемов данных в информационных экспертных системах возник новый класс задач, требующих более сложных и эффективных подходов к решению. Применение технологий искусственного интеллекта (ИИ), распознавания естественного языка (Natural Language Processing, NLP), машинного обучения, исследований данных (data mining) и других методов стало необходимым для обработки и анализа информации в реальном времени, а также для выявления скрытых закономерностей и шаблонов в данных. Это обусловлено тем, что современные информационные системы сталкиваются с огромными массивами данных, часто неструктурированными, и требуют уровня автоматизации и интеллектуальной обработки, который не может быть достигнут с использованием традиционных методов обработки информации.

Машинное обучение – метод искусственного интеллекта, в котором применяются математическая статистика, теория графов, математический анализ и техники работы с данными в цифровом формате [1].

Он позволяет создавать модели, способные обучаться на основе данных и адаптироваться к новым ситуациям, что делает их более гибкими и эффективными в решении разнообразных задач.

Распознавание естественного языка, а конкретно Text mining и семантический поиск, также играет важную роль в развитии экспертных систем, позволяя системам взаимодействовать с пользователями на естественных языках и эффективно обрабатывать текстовую информацию.

Датамайнинг, как совокупность математических моделей, программной составляющей и численных методов, применяется для анализа больших объемов данных с целью извлечения полезных знаний. Технология основывается по принципу шаблонов, отражающих закономерности, характерные подвыборкам данных. Поиск шаблонов совершается методами, которые не используют априорных предположений об исследуемых подвыборках [2].

Современные экспертные системы, которые используются для принятия решений, основываются на процессном и/или онтологическом принципах. По отдельности эти методы имеют свои положительные и отрицательные стороны, которые мы рассмотрим подробнее.

Процессный подход, наиболее распространенный в настоящее время, предполагает анализ и моделирование бизнес-процессов организации с целью качественного управления предприятием, а также оптимизации и повышения эффективности и конкурентоспособности. Он основывается на выявлении, документировании и последующем анализе последовательности действий, которые приводят к достижению определенного результата. Основными достоинствами подхода являются формализованность, прозрачность и структурированность. Все это целесообразно для систем небольших объемов, либо статичных систем, процессы которых изменяются редко и не глобально. Однако данный подход не оптимален для масштабных динамических проектов. Чем шире система, тем больше затрат потребуется для изменения структуры процесса.

Онтологический подход основывается на использовании онтологий и графовых баз данных для формализации знаний о предметной области. Он позволяет структурировать и классифицировать данные, определения и связи между объектами, что облегчает поиск, анализ и обмен информацией. Главное достоинство метода – возможность динамического перестроения системы. Также, учитываются все прямые и косвенные связи, что не всегда возможно осуществить при классических нотациях. Логично отметить, что размеры вычислительных ресурсов напрямую зависят от размеров онтологии.

Методологии классического моделирования подразделяются на следующие типы:

1. Структурное моделирование рассматривает структуру системы с точки зрения состава элементов и подсистем и отношений между ними (структура), а также с точки зрения свойств системы, которые позволяют достигать заданной цели (функции). Структурное моделирование имеет следующие подвиды: функциональное моделирование (IDEF0, BPMN), имитационное моделирование (IDEF3), информационное моделирование (IDEF1, IDEF1X).

2. Объектно-ориентированное моделирование (UML) подразумевает описание процессов, как набора взаимодействующих объектов без детализации выполняемых операций, но с описанием условий и событий. Объект – это какой-либо предмет, который преобразуется при выполнении процессов. В основе – объектная модель, которая базируется на таких принципах, как инкапсуляция, абстрагирование, полиморфизм, наследование, параллелизм, устойчивость и т. д. При этом статическую структуру модели описывают объекты, а поведение модели – сообщения, которыми эти объекты обмениваются.

3. Интегрированное моделирование (eEPC) объединяют различные виды моделей – структурного анализа, объектно-ориентированные, имитационные и др., т. е. это совокупность нескольких различных моделей каждая из которых описывает отдельные перспективы его структуры, а все вместе они образуют полное и комплексное представление о моделируемом объекте.

На сегодняшний день практически исчерпаны возможности классических инструментов в принятии решений в экспертных системах. В современных предприятиях большое количество подразделений, в каждом из которых огромное количество процессов с множеством элементов. В данной статье рассматривается вопрос использования онтологий для принятия решений в экспертных системах.

Современные предприятия всё чаще решают междисциплинарные задачи и бизнес-процессы современных предприятий затрагивают различные области знаний, могут включать в себя более тысячи объектов, в несколько раз больше переходов и множество связей. Самый очевидный пример – онлайн маркетплейсы (ozon, amazon, wildberries). Подобные системы обладают обширной и сложной логистической и распределительной сетью, включающей склады, центры обработки заказов, системы доставки, а также цифровую инфраструктуру для обработки онлайн-заказов. Следовательно, в рамках всей системы число элементов бизнес-процессов, включая задачи, решения, операции, функции, роли, входные и выходные данные и другие аспекты, легко может достигать сотен тысяч. Онтологии, построенные на логике, в свою очередь без проблем поддерживают и анализируют массивные базы знаний.

Достоинства онтологического метода уже давно хорошо известны, разработкой и улучшением нотаций активно занимались одновременно две организации: DARPA (US Defense Advanced Research Projects Agency) и European Research Area в рамках проекта Information Society Technologies. Независимо друг от друга они

разработали первые модели – DAML (DARPA Agent Markup Language) и OIL (Ontology Inference Layer или Ontology Interchange Language). Обе базируются на RDF/RDFS и в значительной мере пересекаются. В дальнейшем обе модели объединили в одну, наследующую семантику дескриптивной логики от OIL, что дало возможность построения эффективных машин вывода, и совместимость с RDF/RDFS от DAML, что позволило использовать DAML+OIL в рамках Semantic Web.

Приняв во внимание все преимущества DAML+OIL, концерн W3C создал аналогичную модель и язык с большей выразительной мощностью и точностью описания онтологий – OWL (Ontology Web Language). На сегодняшний день, последней разработкой является стандарт OWL2 [OWL2 Overview, 2012] [3].

Предлагаемый подход к созданию правил для принятия решений в экспертных системах, основанных на знаниях, заключается в формализации знаний экспертов с помощью логических правил и подробном описании базы знаний в качестве онтологии. Таким образом, все логические противоречия данных, условий или процессов выявляются автоматически путем работы машины логических выводов (reasoner, инструмент онтологического моделирования, анализирующий правила и знания онтологии и возвращающий список неявных связей) и статического анализа кода. Возможности подхода также включают динамическое создание системы, объединение онтологий и генерацию неявных знаний на основе имеющейся информации.

В качестве примера рассмотрим процесс постановки диагноза. Если рассмотреть данный процесс в классической нотации, например UML, то несложно предположить масштаб такого процесса: сложный алгоритм, множество условий и разветвлений, а также логически лишние действия, следуя которым автоматизированная постановка диагноза может затянуться в несколько раз относительно работы специалистов медицины. С другой стороны, присутствует человеческий фактор, вследствие которого процент врачебных ошибок может достигать до 30 % в некоторых странах [4]. Автоматизированная система не только актуальна, но и необходима.

Опишем на языке Python простой процесс обращения пациента с температурой к врачу с использованием библиотеки plantuml. Визуализируем код (рисунок 1) на открытых ресурсах и рассмотрим подробнее. Процессный подход предоставляет нам алгоритм, на основе которого принимается решение. Однако в данном примере мы ограничиваем область болезней только тремя заболеваниями, а именно ОРВИ, гриппом и COVID-19. При описании полной картины, система увеличится в сотни раз, так что даже при использовании современных методов и выявлении неявных шаблонов – это мало поможет в сфере диагностики заболеваний.

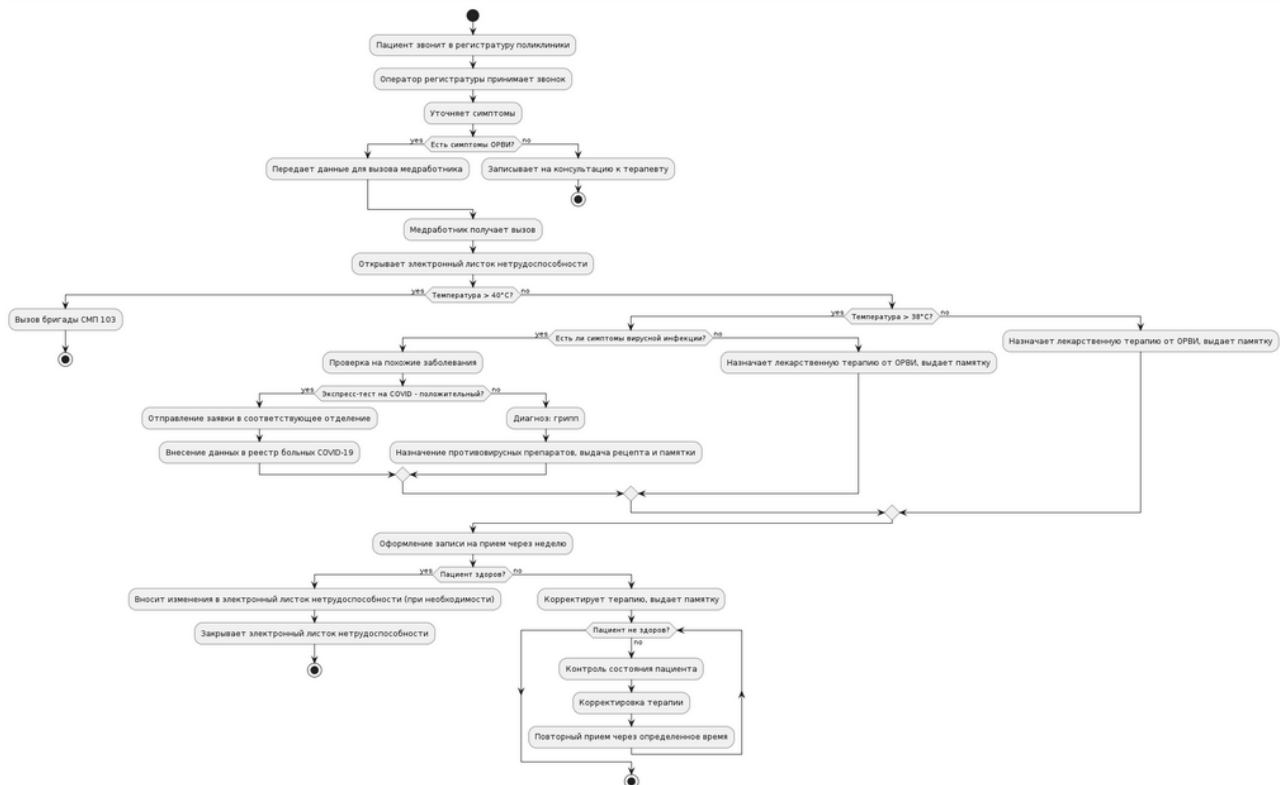


Рис. 1. Процесс обращения пациента с температурой к врачу

Тогда с помощью библиотеки owlready2 напишем на языке Python небольшую онтологию, отражающую информацию, представленную в нотации UML. Для представления в графическом виде воспользуемся открытым программным обеспечением Protege (рисунок 2). Видим, что объект patient2 имеет связь с симптомами, но не с диагнозом.

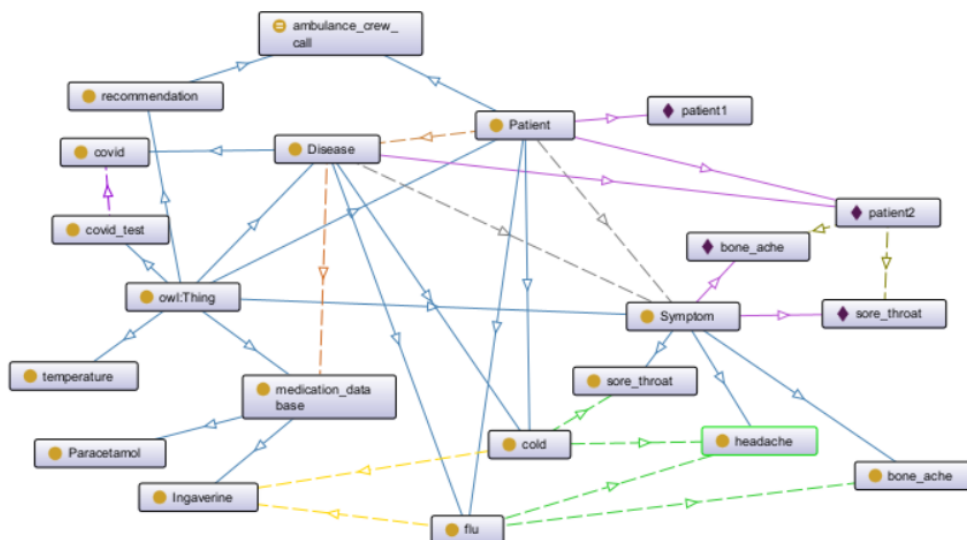


Рис. 2. Онтология постановки диагноза

На основе написанной онтологии был запущен инструмент онтологического моделирования reasoner и сгенерированы новые знания (рисунок 3). Видим, что для обоих пациентов определены диагнозы (4 и 5 строки рисунка 3). Таким образом, мы можем получить диагноз, имея только симптомы пациента.

```
* Owlready * Reparenting health_ontology5.flu: {health_ontology5.Patient} => {health_ontology5.Disease}
* Owlready * Reparenting health_ontology5.cold: {health_ontology5.Patient} => {health_ontology5.Disease}
* Owlready * Reparenting health_ontology5.ambulance_crew_call: {health_ontology5.recommendation} => {health_ontology5.recommendation}
* Owlready * Reparenting health_ontology5.patient2: {health_ontology5.Patient} => {health_ontology5.flu}
* Owlready * Reparenting health_ontology5.patient1: {health_ontology5.Patient} => {health_ontology5.cold}
* Owlready * (NB: only changes on entities loaded in Python are shown, other changes are done but not listed)
```

Рис. 3. Результат работы машины логических выводов Reasoner

Рассмотрим онтологию, доступную в открытом доступе и представленную в статье «Онтология медицинской диагностики для интеллектуальных систем поддержки принятия решений» [5]. Можем заметить, что разработка онтологии подобного размера требует ресурсов и знаний предметной области. Требуется связать все известные диагнозы и симптомы, а также указать все возможные значения и параметры. Однако при постановлении запроса с перечислением симптомов пациента онтология перечислит все подходящие под описание диагнозы, что сузит круг поиска и тем самым укажет, на что необходимо обратить внимание и уточнить, входят ли необходимые показатели в референсные значения.

В качестве результата система выводит сгенерированные рекомендации, включая подборку медикаментозного лечения, разные виды терапии, комментарии, а также список необходимых обследований в случае, когда информации недостаточно для принятия решения. На рисунке 4 показан пример генерации результата по лечению COVID-19 [6].



Рис. 4. Генерация рекомендаций, соответствующих амбулаторному лечению

Закключение. В настоящее время оба подхода имеют свое место в современном управлении и разработке систем, и выбор между ними зависит от специфики задачи, доступных ресурсов и целей организации. Однако продолжающийся рост объемов информации, хранящихся в базах данных и экспертных системах позволяет раскрыть весь потенциал инструментов онтологического-логического вывода. Использование онтологий позволяет сократить затраченное время и ресурсы, а reasoner, в свою очередь, значительно упрощает процесс принятия решений.

Цифровизация в России сегодня затрагивает разные отрасли от медицины до промышленности, разрабатываются цифровые двойники изделий, предприятий, человека. Рост сложности информационных систем их междисциплинарность и объемы данных будут увеличиваться, а значит необходимо совершенствовать и экспертные системы.

Список использованных источников:

1. Сохина С.А. Машинное обучение. Методы машинного обучения / С.А. Сохина, С.А. Немченко // Современная наука в условиях модернизации процессов: проблемы, реалии, перспективы. – 2020. – С. 165–168.
2. Никулина Ю.В. Анализ средств Data Mining / Ю.В. Никулина // Экономика и социум. – 2015. – № 1 (14). – С. 133–140.
3. Михайлюк А.В. OWL как стандартная модель представления трансдисциплинарных знаний в semantic web / А.В. Михайлюк // International Journal «Information Content and Processing». – 2014. – Vol. 1, № 3. – С. 249–261.
4. Галанова Г.И. Врачебные ошибки – проблемы не только врача / Г.И. Галанова // Менеджер здравоохранение. – 2014. – № 8. – С. 49–52.
5. Онтология медицинской диагностики для интеллектуальных систем поддержки принятия решений / В.В. Грибова, М.В. Петряева, Д.Б. Окунь, Е.А. Шалфеева // Онтология проектирования. – 2018. – Т. 8, № 1 (27). – С. 58–73.
6. Интеллектуальная система поддержки принятия врачебных решений в дифференциальной диагностике и лечении covid-19 / В.В. Грибова, Ю.Н. Кульчин, М.В. Петряева [и др.] // Вестник РАН. – 2022. – Т. 92, № 8. – С. 781–789.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ И ПОДХОДОВ К ПРОГНОЗИРОВАНИЮ СПРОСА НА ТОВАРЫ И УСЛУГИ В ТЕНДЕРНЫХ ЗАКУПКАХ

*К.А. Бозымбаева^a, аспирант, А.А. Захарова, д.т.н., проф.
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники
634050, г. Томск, пр. Ленина, 40
E-mail: ^akbozymbayeva@gmail.com*

Аннотация: Статья представляет собой обзор методов прогнозирования в различных областях деятельности человека.

Рассматриваются анализ тенденций, статистическое сходство, нейронные сети, а также методы машинного обучения, включая модель Холта-Винтерса, декомпозицию Фурье и рекуррентные нейронные сети, отражая наиболее эффективные подходы в прогнозировании.

Ключевые слова: прогнозирование, методы прогнозирования, машинное обучение.

Abstract: The article is an overview of forecasting methods in various fields of human activity. Trend analysis, statistical similarity, neural networks, as well as machine learning methods, including the Holt-Winters model, Fourier decomposition and recurrent neural networks, are considered, highlighting the most effective approaches in forecasting.

Keywords: forecasting, methods for forecasting, machine learning.

Анализ спроса в тендерных закупках становится все более актуальной темой в современном бизнесе. Ключевой проблемой является необходимость точного прогнозирования спроса на товары и услуги, что позволит компаниям эффективно управлять своими ресурсами и конкурировать на рынке. На текущий момент отсутствует литература, описывающая методы прогнозирования спроса в контексте тендерных закупок. Поэтому предлагается исследовать методы, применяемые в других областях, и адаптировать их для решения данной проблемы. В данной статье осуществляется обзор существующих методов прогнозирования, применяемых в различных отраслях, с целью определения наиболее эффективных подходов к анализу и прогнозированию спроса в контексте тендерных закупок.

Для достижения поставленной цели был проведен обзор литературы по методам прогнозирования, а также практических подходов в различных сферах деятельности. Так, в исследовании [1] были представлены три сценария прогнозирования числа абитуриентов в вузы, основанные на социальноэкономических факторах. Авторы применили метод наименьших квадратов для анализа динамики приема студентов и ежегодного прироста. Корреляционный анализ выявил связь между зачислением на разные формы обучения и общим числом принятых студентов. Исследование [2] проведено с целью анализа и классификации существующих моделей прогнози-

вания цен на региональных рынках недвижимости, выявления их преимуществ и недостатков. Методы анализа, включая трендовый анализ, статистическое подобие, кластерный и факторный анализ, нейронные сети, пространственно-параметрическое моделирование и экспертный подход, были рассмотрены в контексте их применимости к различным региональным условиям. Выводы указывают на необходимость разработки настраиваемых моделей, учитывающих специфику каждого региона и взаимосвязь первичного и вторичного рынков недвижимости, чтобы эффективно прогнозировать ценообразование и оценивать управленческие решения в недвижимостях на региональном уровне. В статье [3] авторы обращают внимание на широкое применение различных методов прогнозирования временных рядов в логистике и маркетинге, отмечая их важность для принятия управленческих решений. В статье рассматривается метод Сингулярного Спектрального Анализа (SSA), который позволяет выявить тренды, периодичность и сезонность во временных рядах. Применение SSA для прогнозирования цен на нефть показало эффективность метода, особенно при выборе оптимальных параметров разбиения ряда. В статье [4] применялся метод SSA к финансовым временным рядам и его сравнению с другими распространенными методами прогнозирования, такими как ARIMA, разложение Фурье и рекуррентная нейронная сеть. Авторы выделили особенности финансовых временных рядов, что требует пересмотра традиционных методов прогнозирования. Проведенный анализ показал, что метод SSA демонстрирует вторую по точности результатов после ARIMA, что делает его полезным для прогнозирования акций и других финансовых инструментов, включая криптовалюты. Анализ курса доллара применением волновой теории Эллиотта в статье [5] позволил выявить волну коррекции главной тенденции, подтверждая успешность метода при точных и согласованных данных. Прогноз на ближайшую неделю предполагает рост американской валюты по отношению к российскому рублю, что подтверждается исследованием котировок и сравнением с волновой структурой теории. Волновая теория Эллиотта охватывает различные временные периоды, предоставляя возможность прогнозирования на основе волновой модели и текущих данных. Статья [6] рассматривает применение гибридного подхода к ситуационному анализу для прогнозирования развития инновационных технологий на основе обработки разнородных данных. Используется метод инкрементальной кластеризации для выявления событий и принцип исторической аналогии для оценки вероятности сценариев развития.

Предложенный метод учитывает динамику развития ситуаций и может быть применен для анализа данных различных типов. Автор статьи [7] предлагает метод прогнозирования мирового индекса пшеницы, основанный на преобразовании временных рядов в лингвистические переменные и выделении трех видов значений: низких, средних и высоких. Этот метод включает шаги вариации значений, анализ огибающих, а также верификацию, валидацию и дефаззификацию для повышения точности прогноза.

Используя методы машинного обучения, авторы статьи [8] разработали алгоритм для прогнозирования грузоперевозок: они применили модель Холта-Винтерса для анализа временных рядов с учетом тренда и сезонности.

Тестирование показало успешность прогнозирования, подтверждая потенциал метода временных рядов в автоматизации прогнозирования грузоперевозок. Исследование [9] подчеркивает возможности искусственных нейронных сетей (ANN) в прогнозировании, особенно в условиях сложных данных и отсутствия четких теоретических предположений. ANN предлагают более гибкий подход к моделированию, не требуя заранее определенных взаимосвязей, что делает их ценным инструментом прогнозирования, однако они могут быть менее эффективными в линейных данных и неверных структурах сети. В исследовании [10] в области прогнозирования спроса в цепочке поставок выделяется несколько подходов, включая анализ временных рядов, причинно-следственный анализ, качественный анализ и методы машинного обучения. Был предложен новый ключевой показатель эффективности, который учитывает затраты на запасы и скорость их заполнения, и который привел к более точным прогнозам и снижению затрат на запасы. Использование алгоритмов машинного обучения, таких как случайные леса и нейронные сети, демонстрирует более высокую точность и эффективность по сравнению с традиционными методами.

Зависимость между методами прогнозирования проявляется в их контекстуальной адаптации к конкретным задачам и сферам применения. Таким образом, выбор методов прогнозирования зависит от характера данных, целей и контекста конкретной задачи, что подтверждает необходимость комбинированного подхода и разнообразия методологий в прогнозировании.

В статье проведен обзор методов прогнозирования, выявлено значительное использование методов машинного обучения, таких как модель Холта-Винтерса, нейронные сети и анализ временных рядов. Эти методы учитывают различные факторы, делая прогнозы более точными. Выбор оптимальных методов и моделей, учитывающих особенности сферы деятельности и региональные условия, крайне важен. Результаты подтверждают высокий потенциал машинного обучения в прогнозировании спроса в тендерных закупках. Дальнейшие исследования могут способствовать развитию более точных и адаптивных моделей, способных адаптироваться к изменяющимся условиям рынка.

Список использованных источников:

1. Дрогобыцкий И.Н. К вопросу прогнозирования показателей развития образовательной сферы / И.Н. Дрогобыцкий, Л.В. Абламская, Р.А. Серегин // Вестник финансовой академии. – Москва, 2002. – С. 71–72.
2. Абакумов Р.Г. Анализ существующих моделей для прогнозирования ценообразования на региональных рынках недвижимости / Р.Г. Абакумов, И.В. Ходыкина // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. – Белгород, 2016. – С. 14–18.
3. Замщикова А.А. Прогнозирование временных рядов на основе сингулярного спектрального анализа / А.А. Замщикова, Ж.Н. Зенкова // Математическое и программное обеспечение информационных, технических и экономических систем: материалы IV Международной молодежной научной конференции. – Томск : Изд-во ТГУ, 2016. – С. 52–57.
4. Зиненко А.В. Прогнозирование финансовых временных рядов с использованием сингулярного спектрального анализа / А.В. Зиненко // Бизнес-информатика. – Москва. – 2023. – С. 87–98.
5. Ущина Е.А. Прогнозирование изменений курса доллара по волнам Эллиотта / Е.А. Ущина, Е.Б. Корева // XIII Королёвские чтения: материалы международной молодёжной научной конференции. – Самара. – 2015. – С. 314–315.
6. Андреев А.М. Метод ситуационного прогнозирования появления новых технологий Индустрии 4.0 / А.М. Андреев, Д.В. Березкин, И.А. Козлов // Software & System. – Москва. – 2019. – С. 227–239.
7. Guoqiang Zhang Forecasting with artificial neural networks: The state of the art / Zhang Guoqiang, B. Eddy Patuwo, Michael Y. Hu // International Journal of Forecasting. – 1998. – P. 35–62.
8. Шобанов Е.А., Исаева С.М. Анализ и методы разработки алгоритмов прогнозирования данных с помощью машинного обучения для прогнозирования тенденций грузовых перевозок / Е.А. Шобанов, С.М. Исаева // Интеллектуальные транспортные системы: материалы международной научно-практической конференции. – Москва, 2023. – С. 438–444.
9. Yasin Tadayonrad A new key performance indicator model for demand forecasting in inventory management considering supply chain reliability and seasonality / Yasin Tadayonrad, Alassane Balle Ndiaye // Supply Chain Analytics. – 2023. – Volume 3. – 100026.
10. Губанов В.А. Прогнозирование global wheat market с использованием инструментария теории прогнозирования и анализа временных рядов / В.А. Губанов, В.Ю. Гуливец, А.М. Кумратова // Цифровизация экономики: направления, методы, инструменты: материалы всероссийской научно-практической конференции. – Краснодар, 2021. – С. 16–20.

ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ С ПОМОЩЬЮ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ

Е.В. Телипенко^а, к.т.н., доц., Д.А. Рожков, студ.

Юргинский технологический институт (филиал)

Национального исследовательского Томского политехнического университета

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26

E-mail: "telipenko@tpu.ru"

Аннотация: в статье рассматривается разработка мобильного приложения для оценки проектной деятельности студентов.

Ключевые слова: проекты, оценка, мобильное приложение, справочники, документы, отчеты, учет, анализ.

Abstract: the article discusses the development of a mobile application for assessing students' project activities.

Keywords: projects, assessment, mobile application, reference books, documents, reports, accounting, analysis.

В любом вузе важной частью образовательного процесса является проектная деятельность. Поэтому задача оценки результатов проектной деятельности студентов представляется весьма актуальной. Важно учитывать вклад каждого участника проектной команды в достижение общего результата, полноту выполнения задания заказчика, соответствие результатов проекта текущему уровню развития техники и технологий. Таким образом, в процесс оценки вовлечено немало стейкхолдеров.

Автоматизация процесса оценки результатов, а также учет и анализ текущих результатов проектной деятельности обучающихся – основная цель разработки данного приложения.

Разработанный мобильный продукт содержит 6 основных справочников: Студенты, Кураторы, Проектные группы, Группы, Проекты, Заказчики, Эксперты.

Для формирования оперативно-учетной информации в приложении предусмотрены документы.

Документ «Оценка защиты проекта» (рис. 1) показывает оценки по защите проекта, формирует средний бал. Из данного документа в дальнейшем формируется отчет «Защита проекта».

Оценка защиты проекта

Номер: 000000005
Дата: 09.06.2023 4:36:35
Наименование проекта: Проект мобильного приложения для оценки проектной деятельности студентов

ФИО студента: Рожков Д.А.
ФИО куратора: Тепиленко Елена Викторовна

Системность, композиционная целостность	4
Полнота представления процесса, подходы к решению проблем	4
Краткость, четкость, ясность, формулировка	5
Адекватность ответов поставленным вопросам	9
Аргументированность	6
Полнота, убедительность	7
Содержательность	5
Уверенность, владение собой	3
Компетентность	7
Настойчивость в отстаивании своей точки зрения	5

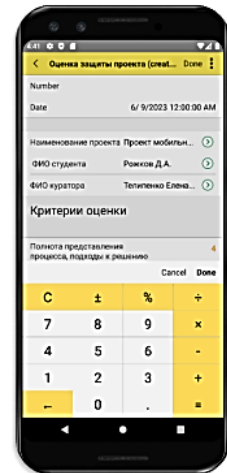


Рис. 1. Документ «Оценка защиты проекта»

Средняя оценка проекта заказчиком учитывается в документе «Оценка продукта проектной деятельности студента» (рис. 2).

Оценка продукта проектной деятельности студентов

Номер: 000000001
Дата: 09.06.2023 4:47:33
Наименование проекта: Проект мобильного приложения для оценки проектной деятельности студентов

ФИО студента: Рожков Д.А.
ФИО куратора: Тепиленко Елена Викторовна

Соответствие назначению, возможная сфера использования	4
Соответствие формы и содержания, учет принципов гармонии, целостности, соразмерности и т.д.	4
Удобство, простота и безопасность использования	5
Наилучшее сочетание размеров и др. параметров, эстетичности и функциональности	4
Отсутствие вреда для окружающей среды и человека от использованных материалов и эксплуатации	4
Ранее не существовал (Своеобразие, необычность Единственность в своем роде (проявление индивидуальности исполнителя))	4
Средняя оценка	4

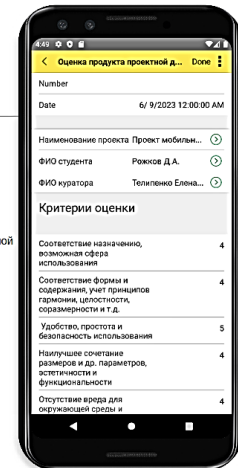


Рис. 2. Документ «Оценка продукта проектной деятельности студента»

Экспертная комиссия также вносит свои оценки. Они фиксируются в документе «Процессуальная оценка продукта проектной деятельности студента» (рис. 3).

Процессуальная оценка проектной деятельности студентов

Номер: 000000001
Дата: 09.06.2023 4:50:50

Наименование проекта: Проект мобильного приложения для оценки проектной деятельности студентов

ФИО студента: Рожков Д.А.
ФИО куратора: Тепиленко Елена Викторовна

Критерии оценки

Наличие и характер проблемы в замысле:	4
Обоснование последовательности действий, этапов проектирования:	5
Выбор оптимального варианта исполнения и его технологическая разработанность:	4
Простота выполнения в кратчайшие сроки:	5
Отсутствие вредных для здоровья компонентов, материалов, отходов в процессе изготовления продукта:	5
Оптимальные затраты на материалы и изготовление:	5
Соблюдение правил ТБ:	5
Учет последних достижений в той области, к которой относится проектируемый продукт:	4
Информативность, смысловая емкость проекта:	4
Глубина проработки темы:	5
Законченность работы, доведение до логического окончания:	5

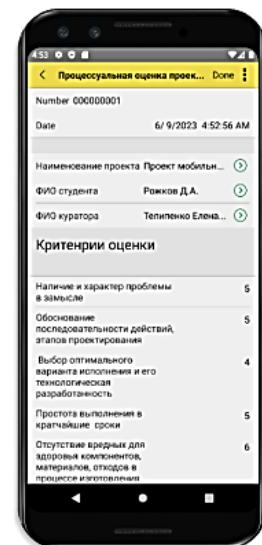


Рис. 3. Документ «Оценка продукта проектной деятельности студента»

В приложении реализованы отчеты:

- «Проектная группа», предназначен для вывода списка проектных групп.
- «Проекты» содержит информацию о студенте, а также наименование темы проекта.
- «Защита проекта» строиться на основании средней оценки за проект и в виде диаграммы отображает

оценки проектной деятельности (рис. 4).

У приложения несколько основных пользователей:

- преподаватель (куратор проекта): вносит списки групп, оценивает проекты по заданным критериям [1], проводит анализ полученных оценок и результатов;
- студент (участник проекта): вносит информацию о проекте, дает оценку работ своих одногруппников;
- заказчик (стейкхолдер): вносит в базу техническое задание, осуществляет оценку результатов студенческих проектов;
- эксперт (от отрасли): оценка результатов проектов;
- администратор приложения: сопровождение приложение.

В информационной системе существует многопользовательский режим, что позволяет работать в системе нескольким пользователям одновременно.

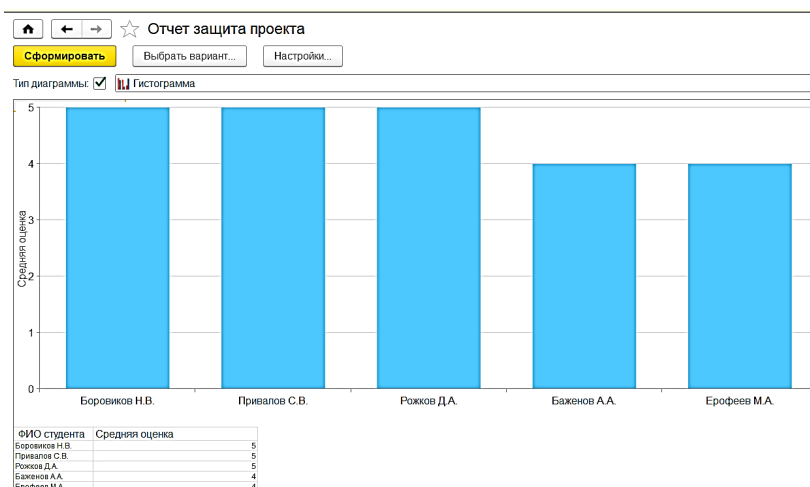


Рис. 4. Отчет «Защита проекта»

Список использованных источников:

1. Оценки результатов студенческих проектов партнерами и отбора студентов по результатам проектного обучения для дальнейшего взаимодействия. – URL: https://urfu.ru/fileadmin/user_upload/common_files/academic_council/docs/11_Dokumentirovannaja_procedura_Ocenki_rezultatov_studencheskikh_proektov.pdf Дата обращения (15.04.2024г.). – Текст: электронный.

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ РАЗРАБОТКИ ПРОЦЕССНОЙ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ УНИВЕРСИТЕТА В КОНТЕКСТЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ИНДУСТРИАЛЬНЫМИ ПАРТНЕРАМИ

*Д.Н. Нестерук, ст. преподаватель
Юргинский технологический институт (филиал)
Национального исследовательского Томского политехнического университета
652055, г. Юрга, ул. Ленинградская, 26
E-mail: nesteruk@tpu.ru*

Аннотация: Подход к управлению взаимодействием между университетом и его промышленными партнерами нуждается в пересмотре. В работе представлено обоснование и общее описание подхода к управлению деятельностью университетом на основе категориально-системной методологии с точки зрения совмещения элементов процессного и проектного подходов.

Ключевые слова: университет, управление, проектная деятельность, процессный подход, категориально-системная методология, динамическая информационная система, прогнозирование

Abstract: The approach to managing interactions between the university and its industrial partners needs to be reconsidered. The paper presents the rationale and general description of the approach to managing university's activities based on the categorical-system methodology from the point of view of combining elements of the process and project approaches.

Keyword: university, management, project activity, process approach, categorical-system methodology, dynamic information system, forecasting

Реализация практико-ориентированной модели высшего образования является актуальным трендом российских университетов. Университеты планируют своего развитие в направлении тесного сотрудничества с промышленными партнерами в рамках научных, социальных и инновационных проектов.

Предполагается, что основной причиной интереса к взаимодействию является консолидация ресурсов для максимизации академической прибыли при решении общих для науки и бизнеса задач.

Тем не менее интерес бизнес-структур к совместным проектам остается низким, о чем свидетельствует традиционно высокая для России доля финансирования НИР и НИОКР за счет государства.

Причины этого носят системный характер:

- университетская наука оторвана от конкретных проблем и запросов реального сектора экономики;
- исследователи не имеют нужных компетенций и не заинтересованы в коммерциализации своих разработок;
- промышленных партнеров не устраивает излишняя формализованность и, как следствие, негибкость вузов в принятии бизнес-решений.

Изменить ситуацию, без серьезных институциональных изменений в российской науке, можно пересмотрев подход к взаимодействию с промышленными партнерами в рамках планирования и управления совместной проектной деятельностью, с учетом необходимости координировать ее с государством, как с учредителем большинства университетов-разработчиков и соинвестором крупных проектов.

Традиционно взаимодействие государства, науки и бизнеса рассматривается в рамках моделей тройной спирали и непрерывного партнерства [1].

Первая модель описывает фундаментальное взаимодействие трех участников рынка исследований и разработок, вторая – акцентирует внимание на фазах (уровнях вовлеченности) промышленных партнеров в НИОКР. При этом зачастую модели рассматриваются как макроэкономические и за скобками остаются вопросы конкуренции в рамках указанного трехстороннего взаимодействия.

Привязка моделей к деятельности конкретного университета нуждается в уточнении и детализации модели с учетом действующих факторов, формирующих его конкурентные преимущества.

Высокая конкуренция в сфере высшего образования требует качественного изменения подходов к управлению образовательной организацией.

Университет 3.0 – университет предпринимательского типа, ориентированный не только на создание новых областей знаний, но на их коммерциализацию, создание новых технологических отраслей, открытие новых специальностей.

Управление таким университетом акцентируется на управлении бизнес-процессами, обеспечивающими позиционирование на открытом рынке с целью привлечения необходимых ресурсов и получения дополнительных конкурентных преимуществ. На первое место выходит получение возможности реализации мультидисциплинарных проектов за счет привлечения ведущих проектных команд и реализация, на базе достигнутых результатов, перспективных образовательных программ, ориентированных на требования и перспективы развития экономики знаний [2, 3].

Перспективная модель университета представляет собой открытую систему, организованную в соответствии с архитектурой открытых инноваций [4] и ориентированную на эффективную проектную деятельность в научно-технической и образовательной сфере.

Проблема управления университетом как сложной открытой динамической системой признается многими авторами, при этом, практическое ее решение сводится к задаче объективного распределения плановых показателей между подразделениями и контроля за эффективностью их выполнения.

Активно применяются следующие подходы:

- системный подход используется для управления организационной структурой;
- среди экономистов популярны методы оценки влияния рыночных взаимодействий на образование и управление;
- маркетинговый подход рассматривает образовательную услугу как продукт и анализирует факторы, способствующие его продвижению;
- для оптимизации деятельности университета, повсеместно применялась практика использования процессного подхода в форме разработки и внедрения систем управления качеством.

Среди прочего стоит отметить широкое внедрение в деятельности университетов методов проектного управления. Этому способствуют два основных фактора:

- принципы проектного управления близки и понятны корпоративным структурам;
- государство активно применяет проектный подход при распределении ресурсов.

Именно методы проектного управления становятся краеугольным камнем выбора стратегии развития университета, а также направлений поддержки научной и образовательной деятельности.

При этом возникает проблема сопоставления эффекта от установленных плановых показателей с фактически достигнутыми результатами деятельности, как в процессе, так и по итогам реализации отдельных проектов.

Предполагаем, что эффективное управление университетом может быть достигнуто путем совместного использования элементов процессного и проектного подхода:

- процессный подход позволит сформировать гибкую систему критериев эффективности проектной деятельности, направленную на достижение нормативных показателей университета;
- проектный подход позволит оптимизировать операционную деятельность с учетом имеющихся рисков и ограничений.

Модель управления, построенная только на основе процессного подхода, подразумевает организацию системы менеджмента качества [5] (или ее аналога). Модель ориентирована на достижение целей организации путем непрерывного совершенствования качества на основе мониторинга и устранения причин отклонений бизнес-процессов от зафиксированных нормативных значений.

Такой подход применим, и доказал свою эффективность, в управлении вспомогательными и обслуживающими процессами, обеспечивающими деятельность университета, но не годится для решения слабо структурированных задач ввиду присущих ему ограничений.

Модель управления, построенная на основе проектного подхода, ориентирована на группы работ (процессов), направленные на достижение уникальных результатов.

При этом проектная деятельность противопоставляется операционной и ресурсы, необходимые для реализации портфеля проектов либо отвлекаются от основной деятельности, либо привлекаются извне.

Возможность для совместного использования проектного и процессного подходов дает обновленная редакция стандарта проектного управления ISO 21502:2020 Project, programme and portfolio management – Guidance on project management (Управление проектами, программами и портфелями проектов – руководство по проектному менеджменту) [6].

Стандарт регламентирует деятельность по управлению проектами не с точки зрения декомпозиции процессов, определяющих работы проекта, а с точки зрения интегрированных и управленческих практик.

По мнению экспертов, обновленный стандарт основано на реальном опыте проектной деятельности и имеет четкую практическую направленность [7].

Реальная практика проектного управления основана на сложном сочетании методов процессного и проектного подходов, которые фактически не рассматриваются отдельно друг от друга. Так, на основе детализированных карт процессов распределяется ответственность между подразделениями, проводится декомпозиция целей по направлениям проектной деятельности, разрабатываются планы, и формируются критерии эффективности и внедряется система сбалансированных показателей.

Авторами предлагается подход к управлению университетом на основе автоматизации прогнозирования проектной деятельности. Прогноз предлагается строить на основе информационной системы, автоматизирующей процедуры экспертной оценки с использованием уточняющих критериев, в совокупности уникальных для каждого из рассматриваемых проектов.

Прогнозирование эффективности проектной деятельности может быть реализована с помощью системы с обратной связью (рис. 1), на входе которой – формализованное описание жизненного цикла проекта, а на выходе – его оценка, выраженная в виде прогноза эффективности реализации проекта. При этом обратная связь (ОС) выполняет уточняющую функцию. Она формирует дополнительные параметры и специфические ограничения, используемые для оценки различных проектов.

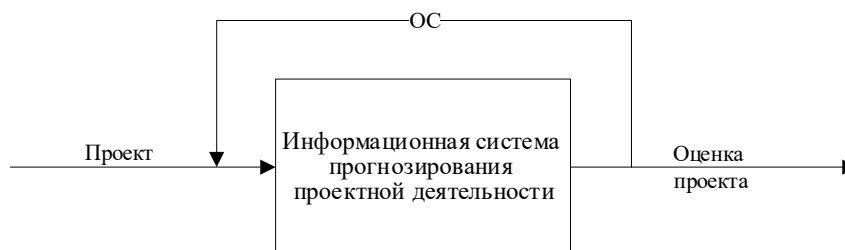


Рис. 1. Общая схема предметной области «Прогнозирование проектной деятельности»

Ключевой проблемой планирования и управления деятельностью в рамках предлагаемой модели является определение приоритетов поддержки направлений проектного развития.

Проблему предлагается решать применением модели прогнозирования эффективности проектной деятельности, разработанной на основе категориально-системной методологии (Разумов В.И., Сизиков В.П.) [8, 9].

Система управления деятельностью университета представляет собой динамическую информационную систему, описывающую управление университетом в виде системного объекта.

Поступивший в систему проект (рис. 2) соотносится с имеющейся базой данных проектов и классифицируется по сфере применения и предполагаемому эффекту от его реализации. Каждый проект проходит экспертную оценку в соответствии с уникальными критериями на основании разработанной модели. База проектов, модели оценки и критерии эффективности проектов образуют рабочую базу данных системы.

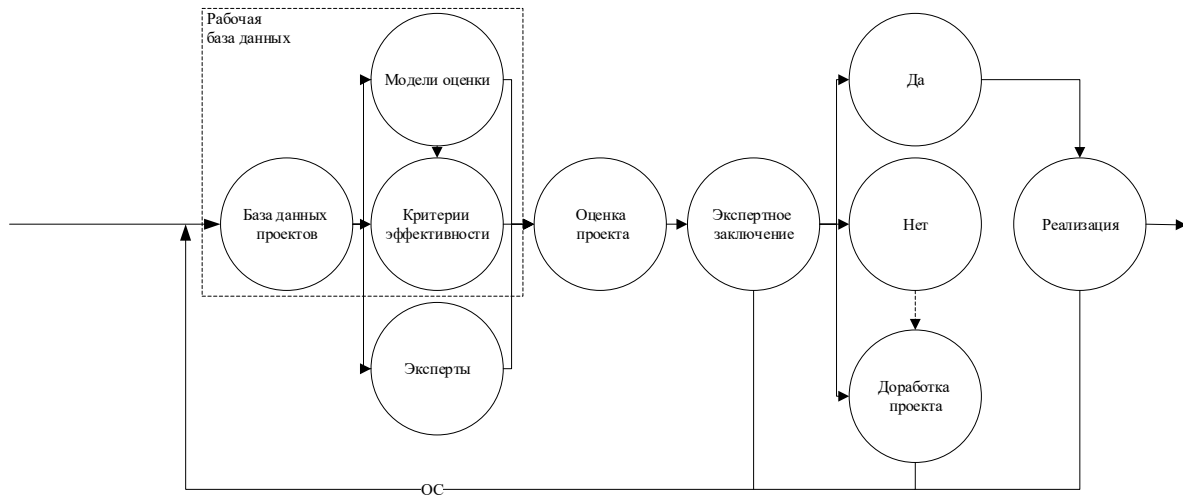


Рис. 2. Схема взаимодействий предметной области «Прогнозирование проектной деятельности»

В результате экспертной оценки составляется экспертное заключение, которое рекомендует проект к реализации, отвергает проект или отправляет проект на доработку. Результаты экспертной оценки, реализации и доработки проектов формируют обратную связь, которая, в свою очередь, пополняя базу данных, корректируя методы оценки и критерии эффективности, актуализирует рабочую базу данных.

Применяя теорию функциональных систем к прогнозированию проектной деятельности, получаем необходимость внедрения в систему рабочей базы данных, накапливающей аналитические данные из внешней среды и отвечающей за своевременную актуализацию моделей и критериев оценки. В качестве блока программирования системы выступает информационная система прогнозирования проектной деятельности, а функции исполнительного органа берут на себя эксперты (экспертный совет).

Финансовая составляющая проектной деятельности определяется балансом интересов субъектов проектной деятельности и может быть представлена в виде компенсационного гомеостата (рис. 3). Модель компенсационного гомеостата основана на постулате, что две отдельно взятые неустойчивые системы, соединяясь определенным образом, образуют устойчивую систему. Таким образом, разработка модели позволяет описать элементарный способ создания устойчивой системы.



Рис. 3. Простая модель компенсационного гомеостата «Прогнозирование проектной деятельности»

Предполагаемый эффект от реализации проекта определяется критическим ресурсом, распределяемым внутри системы.

Таким образом, системное представление предметной области «Прогнозирование проектной деятельности» позволяет выявить структуру и взаимодействие объектов и подсистем предметной области, составить целостное представление о проектной деятельности как о системном объекте и перейти к разработке модели и автоматизированной системы управления деятельностью университета. Полученный результат можно использовать в качестве информационной системы прогнозирования проектной деятельности, совместимую с актуальными стандартами ISO 21500.

Список использованных источников:

1. Взаимодействие вузов с индустриальными партнерами. Результаты мониторинга информации о тенденциях развития высшего образования в мире и в России. – Москва : Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, 2022. – Выпуск 10. – 132 с.
2. Нестерук Д.Н. Разработка процессной модели управления проектной деятельностью вуза / Д.Н. Нестерук // Устойчивое развитие в современном нестабильном мире: проблемы теории и практики. – 2023. – С. 211–216.
3. Нестерук Д.Н. Разработка и внедрение процессной модели управления проектной деятельностью вуза: магистерская диссертация / Д.Н. Нестерук. – Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Управление проректора по образовательной деятельности (УОД), Учебно-научный центр «Организация и технологии высшего профессионального образования» (УНЦ ОТВПО); науч. рук. Е.В. Исаева. – Томск, 2023.
4. Васина А.В. К вопросу о формировании университетского хаба в концепции открытых инноваций / А.В. Васина, О.В. Сысоева, О.Н. Киселева // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Экономика. Управление. Право. – 2023. – Т. 23, вып. 1. – С. 10–19.
5. ГОСТ Р ИСО 9000–2015. Национальный стандарт Российской Федерации. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. // Законы, кодексы и нормативно-правовые акты Российской Федерации: сайт. – URL: <https://legalacts.ru/doc/gost-r-iso-9000-2015-natsionalnyi-standart-rossiiskoi/> (дата обращения: 06.11.2023). – Текст: электронный.
6. ISO 21500:2021 Project, programme and portfolio management – Context and concepts // International Organization for Standardization: сайт. – URL: <https://www.iso.org/standard/75704.html> (дата обращения: 06.11.2023). – Текст: электронный.
7. Полковников А. Ключевые изменения в стандарте по управлению проектами ISO 21502:2020 «Руководство по проектному менеджменту». – URL: https://pmpractice.ru/download/2021_PolkovnikovAV.pdf (дата обращения: 06.11.2022). – Текст: электронный.
8. Разумов В.И. Основы теории динамических информационных систем: монография / В.И. Разумов, В.П. Сизиков ; федер. агентство по образованию, ом. гос. ун-т им. Ф.М. Достоевского. – Омск : Изд-во ОмГУ, 2005. – 211 с. : ил.
9. Разумов В.И., Сизиков В.П. Информационные основы синтеза систем: монография : в 3 ч. – Омск : Изд-во Ом. ГУ, 2011. – Ч. 3: Информационные основы имитации. – 628 с.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ПРОВЕРКИ СТУДЕНЧЕСКИХ РАБОТ НА НОРМОКОНТРОЛЬ

*А.М. Аверьянова^a, ассистент, К.Д. Глухих^b, студ., А.А. Захарова^c, д.т.н., проф.
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники
634045, г. Томск, ул. Ленина, 40
E-mail: ^aaverjyanova-anna@mail.ru, ^bksenia2801@mail.ru, ^czacharovaa@mail.ru*

Аннотация: в современном образовании, где информация и технологии играют все более важную роль, автоматизация различных процессов становится все более актуальной.

Проверка соответствия оформления студенческих работ стандартам вуза – один из процессов, который может быть значительно оптимизирован с помощью автоматизированных систем. В данной статье рассматривается автоматизированная система для проверки студенческих работ на нормоконтроль, которая позволяет значительно повысить эффективность и качество этой процедуры.

Ключевые слова: автоматизированная система, нормоконтроль, студенческая работа.

Abstract. In modern education, where information and technology play an increasingly important role, automation of various processes is becoming increasingly relevant. Checking the compliance of student papers with university standards is one of the processes that can be significantly optimized using automated systems. This article discusses an automated system for checking student papers for standard control, which can significantly improve the efficiency and quality of this procedure.

Keywords: automated system, standard control, student work.

В настоящее время проверка студенческих работ на нормоконтроль является трудоемким и рутинным процессом, который требует значительных временных затрат со стороны преподавателей.

Автоматизация данного процесса позволит повысить его эффективность и освободить время преподавателей для более важных задач.

На данный момент ведется разработка системы, которая представляет собой веб-приложение, доступное через любой браузер, что делает ее удобной для использования в любом месте и на любом устройстве. Функциональные модели системы, подробно описаны в статье [1].

Для разработки front-end части системы был выбран Dart – язык программирования с открытым исходным кодом, первоначально разработанный Google [2].

Для разработки back-end части системы был выбран Python – высокоуровневый язык программирования общего назначения с динамической строгой типизацией и автоматическим управлением памятью, ориентированный на повышение производительности разработчика, читаемости кода и его качества, а также на обеспечение переносимости написанных на нём программ [3].

Сочетание Dart и Python позволяет создать систему автоматизированной проверки нормоконтроля, которая обладает высокой производительностью, простотой использования, функциональностью и масштабируемостью.

Дополнительными преимуществами являются:

- Кроссплатформенность: Dart и Python являются кроссплатформенными языками программирования, что позволяет системе работать на различных операционных системах.

- Легкость поддержки: благодаря простоте использования Dart и Python, система будет легко поддерживаться и развиваться в будущем.

Система нормоконтроля студенческих работ в ТУСУРе направлена на обеспечение соответствия этих работ установленным стандартам и требованиям. Она охватывает все этапы подготовки и оформления работ, от выбора темы до защиты и сдачи в архив.

Основными нормативными документами, регламентирующими требования к нормоконтролю студенческих работ в ТУСУРе, являются:

1. «Образовательный стандарт вуза ОС ТУСУР 01-2021. Работы студенческие по направлениям подготовки и специальностям технического профиля. Общие требования и правила оформления от 25.11.2021» [4];

2. «Образовательный стандарт вуза ОС ТУСУР 02-2021. Работы студенческие по направлениям подготовки и специальностям гуманитарного профиля. Общие требования и правила оформления от 25.11.2021» [5].

Студенческие работы должны быть оформлены в соответствии с требованиями, изложенными в вышеуказанных документах. К числу основных требований относятся:

1. Шрифт: Times New Roman, 14 кегль.

2. Интервал: 1.5 строки.

3. Поля: 30 мм слева, 15 мм справа, 20 мм сверху и снизу.

4. Нумерация страниц: внизу страницы по центру.

5. Абзацный отступ: 1,25.

6. Список использованных источников: в соответствии с ГОСТ 7.0.5 [6].

7. Стили: заголовки, сноски, таблицы и другие элементы должны быть оформлены в соответствии с заданными стилями.

Автоматизированная система проверки студенческих работ на нормоконтроль обладает следующими функциональными возможностями:

- Автоматическая проверка оформления работы: система автоматически проверяет оформление работы на соответствие требованиям нормоконтроля, например, шрифты, поля, отступы, межстрочные интервалы и т. д.

- Генерация отчета об ошибках: система генерирует отчет об ошибках, в котором указаны все найденные нарушения требований нормоконтроля.

- Интеграция с системами управления обучением: система интегрируется с системами управления обучением, чтобы преподаватели и студенты могли легко загружать и выгружать работы.

- Возможность ручной проверки: система предоставляет преподавателям возможность вручную проверять работы студентов, если это необходимо.

Рассмотрим этапы проверки студенческой работы на нормоконтроль в автоматизированной системе:

1. Регистрация и авторизация (рисунок 1).

2. Выбор дисциплины и задания:

- Студент выбирает из списка необходимую дисциплину (рисунок 2).

- Из представленного списка выбирает задание, по которому он выполнил работу (рисунок 3).

3. Загрузка файла:

- Нажимает на кнопку «Загрузить работу».

- Выбирает файл со своего компьютера в необходимом формате (DOCX).

- Загружает файл на сервер системы нормоконтроля (рисунок 4).

4. Автоматическая проверка:

- Система автоматически сканирует загруженный файл на соответствие требованиям нормоконтроля.
- Проверяются параметры оформления работы (шрифты, поля, отступы, межстрочные интервалы и т. д.)
- Осуществляется проверка на наличие плагиата по базе данных загруженных работ.

5. Генерация отчета: по результатам проверки система генерирует отчет, в котором указываются все найденные ошибки и недочеты в оформлении работы (рисунок 5).

6. Отправка работы на рецензию преподавателю: если студент прошёл автоматическую проверку, работа становится доступной на странице преподавателя.

7. Рецензирование работы преподавателем:

- Преподаватель просматривает работу и оставляет свои комментарии и замечания, при необходимости.
- По итогам проверки преподаватель либо принимает, либо отклоняет работу (рисунок 6).

8. Доступ к результатам: студент может в любой момент посмотреть свою работу, отчет о проверке, комментарии преподавателя и итоговую оценку.

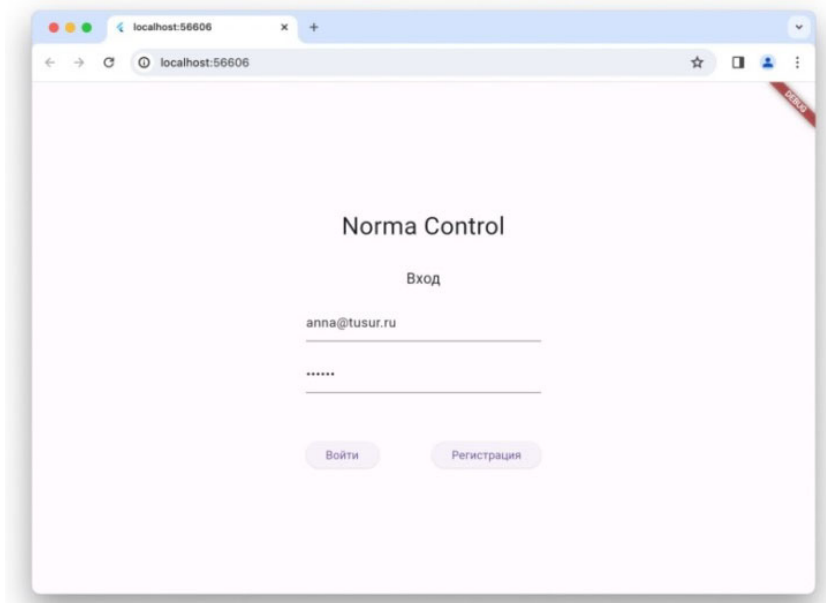


Рис. 1. Ход в систему

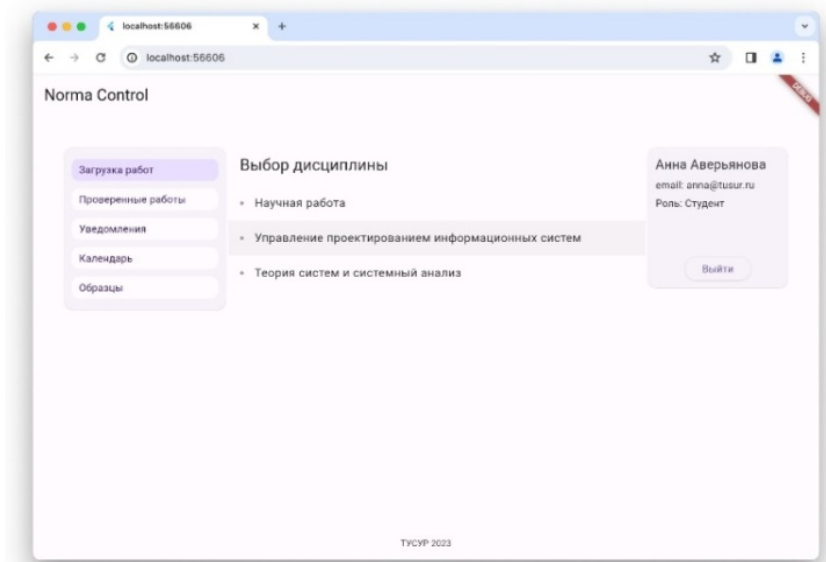


Рис. 2. Выбор дисциплины

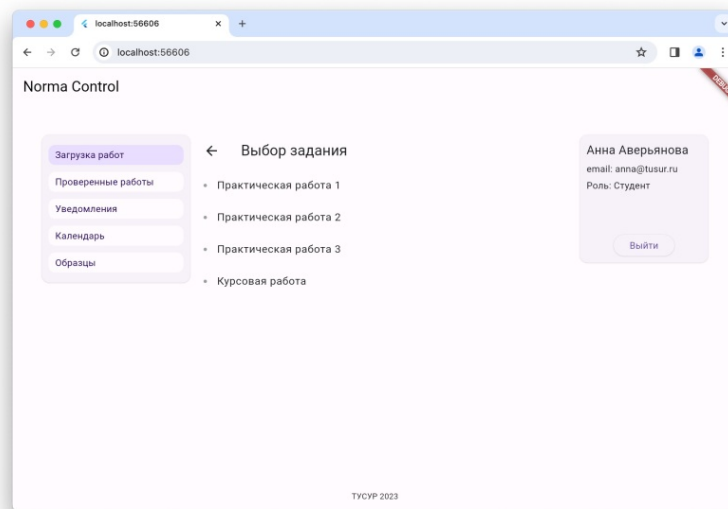


Рис. 3. Выбор задания

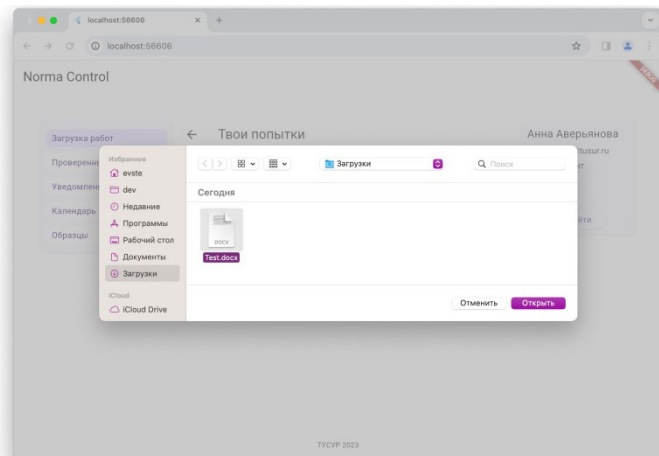


Рис. 4. Загрузка файла

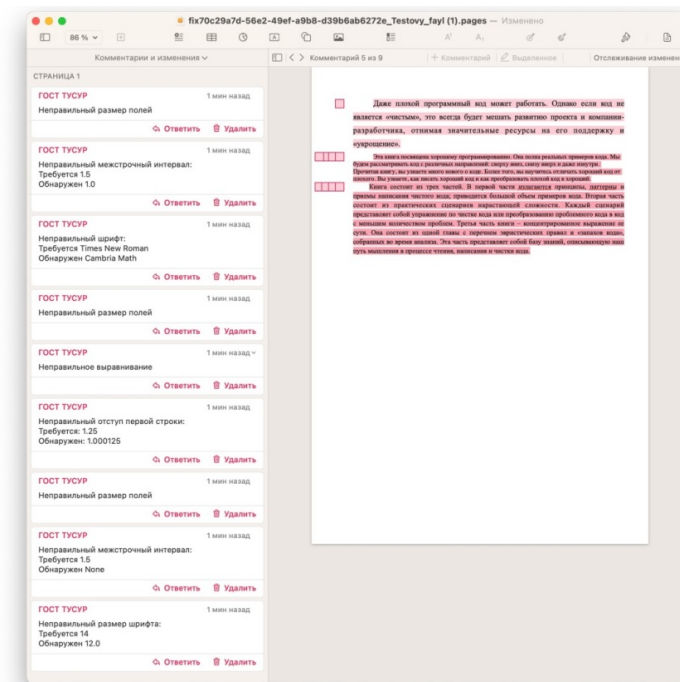


Рис. 5. Сгенерированный отчет об ошибках

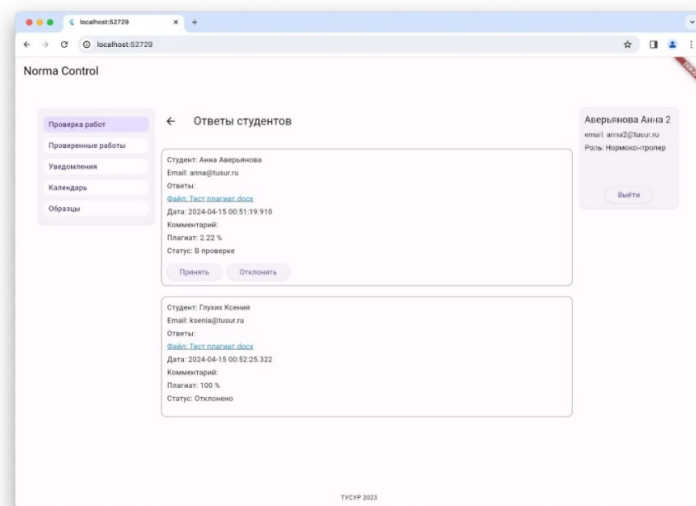


Рис. 6. Возможность преподавателя принять или отклонить работу

Автоматизированная система для проверки нормоконтроля студенческих работ позволит ускорить и упростить процесс проверки работ, повысит качество работ за счет автоматического выявления ошибок и снизит нагрузку на преподавателей.

Список использованных источников:

1. Python: официальный сайт Python. – URL: <https://www.python.org/> (дата обращения: 14.04.2024). – Текст: электронный.
2. Захарова А.А. Автоматизированная информационная система нормоконтроля в вузе: моделирование процессов управления / А.А. Захарова, А.М. Аверьянова, К.Д. Глухих // Инновационные технологии в машиностроении: сборник трудов XIV Международной научно-практической конференции. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2023. – С. 149–152.
3. Introduction to Dart Programming Language: сайт про язык dart. – URL: <https://www.geeksforgeeks.org/introduction-to-dart-programming-language/> (дата обращения: 14.04.2024). – Текст: электронный.
4. Образовательный стандарт вуза ОС ТУСУР 01-2021. Работы студенческие по направлениям подготовки и специальностям технического профиля. Общие требования и правила оформления от 25.11.2021: официальный сайт ТУСУРа. – URL: [https://regulations.tusur.ru/storage/150499/ОС_ТУСУР_01-2021_\(согласовано\).pdf?1642386839](https://regulations.tusur.ru/storage/150499/ОС_ТУСУР_01-2021_(согласовано).pdf?1642386839) (дата обращения: 14.04.2024). – Текст: электронный.
5. Образовательный стандарт вуза ОС ТУСУР 02-2021. Работы студенческие по направлениям подготовки и специальностям технического профиля. Общие требования и правила оформления от 25.11.2021: официальный сайт ТУСУРа. – URL: [https://regulations.tusur.ru/storage/150497/ОС_ТУСУР_02-2021_\(согласовано\).pdf?1642386791](https://regulations.tusur.ru/storage/150497/ОС_ТУСУР_02-2021_(согласовано).pdf?1642386791) (дата обращения: 14.04.2024). – Текст: электронный.
6. ГОСТ 7.0.5: национальный стандарт РФ. – URL: https://diss.rsl.ru/datadocs/doc_291tu.pdf (дата обращения: 14.04.2024). – Текст: электронный.

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ОТРАСЛИ

*Е.В. Ульрих^а, д.т.н., доц., Д.С. Преображенский, студ.
Калининградский государственный технический университет
236022, г. Калининград, пр-т Советский, 1
E-mail: ^аelen.ulrich@mail.ru*

Аннотация: Производственная отрасль включает в себя множество сложных задач, для выполнения которых требуются значительные знания и опыт. Стремительное развитие искусственного интеллекта, особенно с появлением мощных больших языковых моделей, таких как ChatGPT, создало новые возможности для представления знаний через разговор. Кажущаяся бесконечной база знаний ChatGPT и высокоорганизованный стиль ответов, как ожидается, произведут революцию во всех аспектах отрасли. Однако пока неясно, в какой степени возможности ChatGPT могут способствовать будущей революции в отрасли.

Поэтому здесь приводится обзор статьи о систематическое тестирование ChatGPT, чтобы выявить его преимущества и ограничения.

Основываясь на результатах тестирования, авторы представили некоторые перспективы и критические вопросы исследования ChatGPT с точки зрения производства. Кроме того, авторы предлагают пути развития технологии для успешной интеграции ChatGPT в производственную отрасль.

Ключевые слова: искусственный интеллект, обучение, производство, ChatGPT.

Abstract: The manufacturing industry involves many complex tasks that require significant knowledge and experience to complete. The rapid development of artificial intelligence, especially with the advent of powerful large language models such as ChatGPT, has created new opportunities to deliver knowledge through conversation. ChatGPT's seemingly endless knowledge base and highly organized response style is expected to revolutionize every aspect of the industry. However, it is not yet clear to what extent ChatGPT's capabilities can contribute to a future revolution in the industry.

Therefore, here is a review of an article on systematic testing of ChatGPT to highlight its advantages and limitations. Based on the test results, the authors presented some perspectives and critical research questions on ChatGPT from a production perspective. In addition, the authors propose technology development paths to successfully integrate ChatGPT into the manufacturing industry.

Keywords: artificial intelligence, training, production, ChatGPT.

ChatGPT – это большая языковая модель (LLM), которая может генерировать человекоподобные текстовые ответы на запросы пользователей на основе знаний, извлеченных из больших наборов данных. Она привлекла значительное внимание исследователей в различных областях благодаря своей исключительной производительности при генерации сложных текстов (например, при создании документов, создании документов, отладка кода, ответы на вопросы) и получения знаний приобретения знаний.

В 2023 году был проведен эксперимент, в котором, отвечая на подготовленные вопросы, ChatGPT сдал профессиональные экзамены по юриспруденции, бизнесу и медицине. Этот факт привлек большое количество внимания.

С одной стороны, некоторые считают, что ChatGPT поможет повысить творческий потенциал и продуктивность человека. С другой стороны, другие обеспокоены потенциальным влиянием ChatGPT на рынок труда. Эти споры подчеркивают необходимость переосмысления того, как люди и искусственный интеллект (ИИ) могут работать в этом быстро меняющемся обществе вместе [1].

В контексте обрабатывающей промышленности ChatGPT интуитивно ассоциируется с системами, основанными на знаниях (СОЗ), поскольку обе системы имеют схожие компоненты. Они включают в себя интерфейс для пользовательских запросов, механизм вывода для интерпретации пользовательских запросов и генерации решений, а также базу знаний для хранения и предоставления знаний [2]. Учитывая, что СОЗ широко используется для поддержки различных задач проектирования и производства, а также в качестве обучающей системы для инженерного образования и производственного обучения [3–5]. Таким образом, ожидается, что ChatGPT будет играть аналогичную роль в промышленности. Однако ChatGPT превосходит СОЗ в двух важных аспектах.

Во-первых, база знаний ChatGPT кажется безграничной, что позволяет пользователям задавать практически любые вопросы, которые они хотят узнать. СОЗ, с другой стороны, обычно хранит знания только из специализированных областей.

Во-вторых, ChatGPT может генерировать длинные и высокоорганизованные ответы, в то время как ответы СОЗ, как правило, менее подробны. В этом отношении ChatGPT может выйти за рамки возможностей СОЗ и выступать в роли эксперта ИИ, помогающего в решении различных задач проектирования, производства и инженерного образования.

Однако в настоящее время производственная отрасль располагает ограниченными знаниями о возможностях и ограничениях ChatGPT, и его потенциал для промышленного применения остается неясным. Для устранения этого пробела, в работе [6] ставятся задачи ответить на следующие вопросы:

Может ли ChatGPT заменить промышленные СОЗ, и насколько он близок к человеческим экспертам?

Каковы потенциальные роли ChatGPT в проектировании и производстве и как они могут быть реализованы на практике?

В данной статье представлена оценка способности ChatGPT поддерживать задачи проектирования и производства. Результаты показывают, что ChatGPT хорошо справляется с предоставлением информации, созданием связного и структурированного контента и предложением первоначальных решений. ChatGPT – это генеративная модель, которая демонстрирует потенциал в поддержке обобщения, синтеза и работ, связанных с созданием, всесторонним, творческим и объективным образом. Однако у ChatGPT есть ограничения. Он может с трудом понимать вопросы и не способен эффективно использовать знания для выработки точных решений.

В некоторых случаях ChatGPT может даже создавать несуществующие правила или уравнения для получения решений.

Кроме того, ChatGPT не хватает глубокого понимания концепций, лежащих в основе его ответов, и его ответы не всегда могут быть надежными, прослеживаемыми или проверяемыми. По результатам тестирования

авторы подчеркнули, что ChatGPT может способствовать человеко-машинному сотрудничеству, управлению знаниями, инновациям в дизайне и обучению инженерным навыкам. Важно придерживаться ясного и объективного языка, избегая предвзятости и эмоциональности и используя точный выбор слов. Текст также должен придерживаться общепринятой структуры и особенностей форматирования, включая последовательное цитирование и стиль сносок. Содержание улучшенного текста должно быть максимально приближено к исходному тексту, и в него не должно быть добавлено никаких новых аспектов.

Кроме того, была предложена трехслойная модель для интеграции ChatGPT в производственную отрасль. На уровне знаний ChatGPT должен быть обучен более специализированным техническим знаниям. Грамматическая правильность очень важна, и любые ошибки должны быть исправлены. На уровне рассуждений ChatGPT следует интегрировать с неопровержимыми фактами, CO₂ и графами знаний, чтобы улучшить его рассуждения и аналитические навыки. На уровне взаимодействия профессионалы производственной отрасли должны пересмотреть способ взаимодействия инженеров с ChatGPT и развить новые навыки для его использования. Что касается будущих исследований, то будет предложен метод инженерного проектирования с помощью ChatGPT, который поможет начинающим дизайнерам быстро приобрести навыки проектирования и достичь желаемых результатов.

Список использованных источников:

1. ChatGPT: five priorities for research / E.A. van Dis, J. Bollen, W.uidema, R. van Rooij, C.L.ocking // Nature. – 2023. – Vol. 614 (7947). – P. 224–226.
2. Li B.M. Recent development of knowledge-based systems, methods and tools for One-of-a-Kind Production / B.M. Li, S.Q. Xie, XuX // Knowledge-Based Systems. – 2011. – Vol. 24 (7). – P. 1108–1119. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.knsys.2011.05.005> (дата обращения: 10.04.2024). – Текст: электронный.
3. Miranda J. The core components of education 4.0 in higher education: Three case studies in engineering education / J. Miranda // Computers & Electrical Engineering. – 2021. – Vol. 93. – P. 107278. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2021.107278> (дата обращения: 10.04.2024). – Текст: электронный.
4. Wang X. Machine learning for engineering design toward smart customization: A systematic review / X. Wang, A. Liu, S. Kara // Journal of Manufacturing Systems. – 2022. – Vol. 65. – P. 391–405.
5. Artificial Intelligence in Advanced Manufacturing: Current Status and Future Outlook / J.F. Arinez, Q. Chang, R.X. Gao, C. Xu, J. Zhang // Journal of Manufacturing Science and Engineering. – 2020. – Vol. 142. – P. 11. – URL: <https://doi.org/10.1115/1.4047855> (дата обращения: 10.04.2024). – Текст: электронный.
6. ChatGPT for design, manufacturing, and education / X. Wang, N. Anwer, Y. Dai, A. Liu // Procedia CIRP. – 2023. – Vol. 119. – P. 7–14. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2023.04.001> (дата обращения: 10.04.2024). – Текст: электронный.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ ТЕХНИКИ

Т.К. Жабборов, к.т.н., доц.

Ферганский политехнический институт

150100, Республика Узбекистан, г. Фергана, ул. Ферганская, 86

E-mail: tulkin_jabborov@mail.ru, t.jabborov@ferpi.uz

Аннотация: В статье рассмотрены программная обеспечения вопроса компенсации ёмкостных токов замыкания на землю, составление алгоритма управления дугогасящего реактора для повышения надежности систем электроснабжения, а также автоматизированная управления регулирование реактора и составление подпрограммы использующая при автоматизации процесса настройки дугогасящих реакторов, которая облегчает существующие неудобства обслуживающему персоналу при регулирование дугогасящих реакторов, определения ёмкостной составляющего тока замыкания на землю.

Ключевые слова: Однофазная замыкания на землю, контур нулевой последовательности, ёмкостной ток, дугогасящий реактор, автоматизированная настройка компенсации, измерение ёмкостной проводимости, дугогасящий реактор, алгоритм, подпрограммы.

Abstract: The article discusses the software for compensating capacitive ground fault currents, drawing up a control algorithm for an arc extinguishing reactor to improve the reliability of power supply systems, as well as automated control for regulating the reactor and drawing up a subroutine used to automate the process of setting up arc extinguishing reactors, which alleviates the existing inconvenience for maintenance personnel when regulating arc extinguishing reactors, determination of the capacitive component of the ground fault current.

Keywords: Single-phase earth fault, zero-sequence circuit, capacitive current, arc suppression reactor, automated compensation adjustment, capacitive conductivity measurement, arc suppression reactor, algorithm, subroutines.

Основной текст

Для компенсации ёмкостных токов однофазного замыкания на землю составляющие в промышленных предприятиях по данным статистики в среднем до 75 % от общего числа повреждений в высоковольтных сетях, возникающие вследствие старения и загрязнения изоляции. На место замыкания возникает дуга и сопровождается перенапряжениями, превышающими в 3–4 раза номинальное напряжение сети. Это, как правило, приводит к нарушению электроснабжения потребителей из-за отключения поврежденных линий и дополнительным затратам. Поэтому ликвидация аварийных последствий имеет народно-хозяйственное значение.

При устранение ёмкостных токов настоящее время используются последние достижения физики полупроводников, т. е. микропроцессорная техника КПУ «МС 2702» могла выполнять задачи обработки данных, ее необходимо снабдить соответствующим программным обеспечением, которое обычно подразделяют на две части: системное программное обеспечение и прикладное программное обеспечение.

Важнейшим компонентом всякой микро-ЭВМ является микропроцессор. Его характеристики – разрядность слова, быстродействие, набор выполняемых команд, режимы адресации памяти, число программно-доступных регистров, схема обработки прерываний и другие. Микропроцессор обычно выполняет:

- формирование синхронизирующих и управляющих сигналов для всех компонентов «МС 2702»;
- выборку команд и данных из памяти КПУ;
- декодирование команд;
- арифметические, логические и другие операции;
- управление передачей данных между регистрами микропроцессора и памятью, а также устройствами ввода-вывода;
- обработку сигналов от устройств ввода-вывода, в том числе обработку сигналов прерывания с этих устройств [2].

Алгоритм расчета автоматизированной системы измерения приведен на рис. 1, в соответствии с заданным процессом определения коэффициента расстройки ДГР со ступенчатым регулированием, а также определения проводимостей фаз на землю.

Одной из особенностей разработки и отладки программ для МПС является использование специальных аппаратных, аппаратно-программных средств отладки. Даже если применяется машинный язык – язык системы команд некоторой МПС, обычно требуется система отладки, с помощью которой можно было проверить правильность работы программы, найти и исправить в ней ошибки [81].

Язык «АССЕМБЛЕР» относится к машинно-ориентированным языкам низкого уровня. Его использование по сравнению с программированием МПС в записи программ, упрощает процесс внесения исправлений и перемещения программ в новые области памяти. Даже при отсутствии средств автоматического перевода-трансляторов, рекомендуется предварительно описать алгоритм задачи на символическом языке типа «АССЕМБЛЕР», а затем вручную осуществить его перевод на машинный язык. Этапы процесса автоматизированной разработки программ для МПС на языке «АССЕМБЛЕР» следующие: трансляция, компоновка, проверка и запись в ПЗУ.

Во многих случаях система автоматизации программирования не обеспечивает возможности отдельной отладки и последующей компоновки модулей. Тогда транслятор сразу формирует не объектный, а загрузочный модуль, т. е. программу, которая непосредственно готова для исполнения в области памяти, указанной транслятору программистом.

Для хранения информации используются запоминающие устройства, тоже выполненные на интегральных схемах. В «МС 2702» применяется как ОЗУ, допускающее запись и считывание информации, так и ПЗУ и ППЗУ, запоминающие устройства, допускающие только оперативное считывание. Запись в ПЗУ и ППЗУ осуществляется путем специальной обработки носителя информации, а стирание – например, ультрафиолетовым излучением. При потере литания, а также при наличии помех информации, записанная в ПЗУ и ППЗУ, но искажается, что удобно для хранения программ.

Несмотря на кажущуюся начальную сложность применения МП, они нашли широкое распространение более чем в 20 тысяч областях, в основном за счет низкой стоимости (в сотни и даже тысячи раз меньшей, чем стоимость процессора мини-ЭВМ) и довольно высокой надежности.

Ряд условий перехода к отдельным подпрограммам (ввод измеренных параметров, отключения реактора, преобразования результата в десятичный вид, вывести результат в дисплей и т. д.) анализируется и выполняется выбранным контроллером. Все программы располагаются в ПЗУ. Ниже перечислены названия программ, их назначение и некоторые особенности их взаимодействия:

- CONST – запись в ОЗУ масштабирующих коэффициентов;
- INPUT – выполняет ввод и запись измерения величин в ячейках памяти ОЗУ;
- SWITCH – осуществляет действие отключения реактора от сети для переключения выбора необходимого ответвлений ДГР;
- KOEF – умножение введенных переменных на масштабирующие коэффициенты;
- ARCCOS – вычисляет значение углов α, β, φ по измеренным величинам активных мощностей $P_\alpha, P_\beta, P_\varphi$;

CALC – выполняет расчет величин по составленному алгоритму сначала определяет значения суммарной активной проводимости G_{Σ} затем суммарной емкостной проводимости ωC_{Σ} . После этого из измеренных и вычисленных величин определяется коэффициент расстройки ν ДГР со ступенчатым регулированием;

$\left. \begin{array}{l} RECOD \\ TRANS \end{array} \right\}$ – вспомогательные подпрограммы для преобразования рассчитанных параметров

из шестнадцати расчетных к двоичному виду, а из двоичного к нормальному десятичному виду;

DISP – осуществляет индикацию результатов хранящейся в ячейках памяти ОЗУ. Информация, поступающая на шину данных микропроцессора, запоминается в буферном регистре одного из каналов программируемых параллельных интерфейсов (обеспечивающие прием и передачу данных на индикацию), в зависимости от типа выдаваемой информации и передается на выход МПС. Исходной информацией для подпрограмм DISP являются: адрес ячейки памяти, начиная с которой выводятся данные на индикацию; адреса управляющих слов.

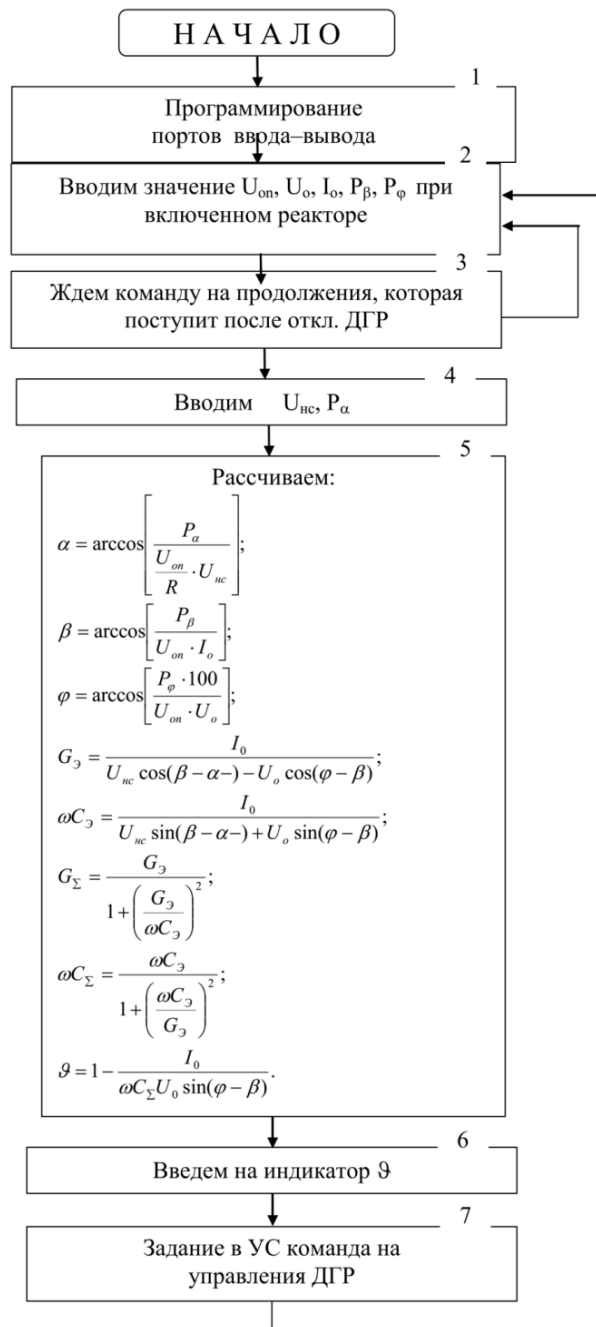


Рис. 1. Структурная схема алгоритма расчета

Список использованных источников:

1. Микропроцессоры. Архитектура и проектирование микроЭВМ. Организация вычислительных процессов / под ред. Л.Н. Преснухина. – М. : Высшая школа, 2016. – 495 с.
2. Разевиг Д.В. Техника высоких напряжений / Д.В. Разевиг. – М. : Энергия, 2009. – 488 с.
3. Микропроцессоры. Средства сопряжения. Контролирующие и информационно-управляющие системы / под ред. Л.Н. Преснухина. – М. : Высшая школа, 2016. – 383 с.
4. Petersen W. Erdschlussströme in Hochspannungslagen / W. Petersen. – ETZ, 1916.
5. Беляков Н.Н. Исследования перенапряжений при дуговых замыканиях на землю в сетях 6 и 10 кВ с изолированной нейтралью / Н.Н. Беляков // Электричество. – 1957. – № 5. – С. 31–37.
6. Жобборов Т.К. Разработка устройства автоматического управления ДГР с применением микропроцессорной техники / Т.К. Жобборов // Тезисы респ. науч. техн. конф. – Ташкент, 1989. – С. 78–79.
7. Гамазин С.И. Экономическая эффективность применения микроЭВМ для настройки ДГР в системах электроснабжения / С.И. Гамазин, Т.К. Жобборов // Тезисы докл. респ. науч. техн. конф. – Фрунзе, 1989. – С. 46–47.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ROBOTIC PROCESS AUTOMATION В СИСТЕМЕ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ ВЫСШЕГО УЧЕБНОГО ЗАВЕДЕНИЯ

Н.Ю. Кутуков, аспирант

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

634050, г. Томск, пр. Ленина, 40

E-mail: rozaco0@gmail.com

Аннотация: Разработка системы для поддержки принятия решений (СППР) преподавателем позволит ему более эффективно выполнять свои рабочие задачи, что в свою очередь приведёт к увеличению времени, которое преподаватель сможет посвятить профессиональному развитию или научной деятельности. Одной из перспективных технологий, которую можно использовать в такой системе, является RPA (роботизированная автоматизация процессов), особенностью которой является наблюдение за деятельностью пользователя и последующая имитация его деятельности для сбора данных или работы с приложениями.

Ключевые слова: роботизация, автоматизация, искусственный интеллект, robotic process automation, образование, образовательная сфера.

Abstract: The development of a decision support system (DSS) by a teacher will allow him/her to perform his/her work tasks more efficiently, which in turn will lead to more time that the teacher can devote to professional development or research activities. One of the promising technologies that can be used in such a system is RPA (Robotic Process Automation), which is characterized by observing the user's activities and then simulating their activities to collect data or work with applications. The aim of the research is to create a model of the teacher's activity for its further robotization by RPA methods, as well as to create an algorithm for evaluating student work as one of the most important parts of the teacher's activity.

Keywords: robotization, automation, artificial intelligence, robotic process automation, education, educational sphere.

Целью исследования является создание модели деятельности преподавателя для дальнейшей её роботизации методами RPA, а также создание алгоритма оценивания студенческих работ, как одной из важнейших частей деятельности преподавателя.

Проблема автоматизации деятельности образовательных учреждений актуальна с момента становления современных информационных технологий, и с их развитием увеличивается и объём информации, с которым необходимо работать.

Сама проблема является разработанной, хотя и не имеет однозначно верного, идеального решения, так как постоянно растёт перечень задач, которые необходимо подвергнуть автоматизации. Поэтому имеет смысл создание системы роботизации деятельности преподавателя учебного заведения, где есть не только функционал автоматизации ежедневной работы преподавателя такой как, оценивание работ, работа с внутренними системами вуза, но и есть возможность создать свои сценарии работы, чтобы автоматизировать и те задачи, которые будут появляться с течением времени.

В последние годы технология RPA (Robotic Process Automation – роботизированная автоматизация процессов) не раз рассматривалась в зарубежных научных журналах [1, 2], где был освещён основной функционал технологии, направленный на автоматизацию рутинных задач. Важным аспектом статьи является установление

отличий между RPA и BPM (Business Process Management – управление бизнес-процессами), и указание на возможное взаимодействие двух методологий.

Также устанавливается область применения технологии: автоматизация задач, выполняемых с использованием графических пользовательских интерфейсов с помощью программных роботов, кроме того, демонстрируется применение методик машинного обучения, которые расширяют спектр применения технологии.

К преимуществам применения технологии относят повышение эффективности и качества работы сотрудников, а также снижение затрат.

Проведённые в 2018 году исследования в области RPA [3] показали, что экономия на операционных расходах после внедрения RPA увеличилась до 50 %, что увеличило внимание к технологии.

Идея использования RPA в образовательной сфере начала рассматриваться с момента роста интереса к технологии (2017–2018 года). В статье [4], рассматриваются возможные пути применения RPA в образовательных учреждениях. Среди них можно выделить помощь преподавателю в решении таких задач как: оценивание и проверка работ, составление расписания, взаимодействие со студентами, мониторинг посещаемости и т. д. Также в работе обсуждается возможность совмещения RPA с искусственным интеллектом.

Как видно из приведённых выше статей, технология RPA актуальна, обладает широким спектром возможностей и подходит для применения в образовательной сфере, в частности для роботизации деятельности преподавателя, но важно отметить, что в обоих случаях рассматривается возможность использования ИИ и машинного обучения в связке с RPA. Поэтому необходимо рассмотреть имеющиеся случаи применения ИИ в связке с RPA-системами.

В статье [5], рассматриваются цели и вызовы, которые стоят перед искусственным интеллектом в образовательной сфере, включая распознавание образов, оптимизацию деятельности, классификацию и извлечение информации, а также применяемые при этом методы.

Для эффективной роботизации рабочей деятельности преподавателя необходимо также решить задачу оценивания работ обучающихся. Подобный вопрос с точки зрения проверок работы на плагиат, а также оценивания программных работ уже рассматривался [6, 7]. В этих и других работах, посвященных теме оценки работ, говорится о потенциале использования методов машинного обучения для улучшения эффективности оценивания заданий.

Однако, в настоящий момент времени уровень знаний и развития технологий в сфере нейронных сетей и машинного обучения находится на более высоком уровне, что позволяет говорить о возможности использования машинного обучения не только для улучшения эффективности оценивания, но и о практически полной автоматизации этой задачи.

Как показывает анализ литературы, технология RPA активно находит своё место на мировом рынке. А потому исследование по данной теме является актуальным.

Новизна работы заключается в реализации отдельных задач системы, таких как оценивание и проверка работ обучающихся, поиск учебных материалов, составление расписания и т. п.

Проектирование модели деятельности преподавателя

Создаваемая модель представлена в виде чёрного ящика в нотации IDEF0, поскольку таким образом можно наглядно представить как сам автоматизируемый процесс, так и результат автоматизации [8].

Учитывая специфику используемых технологий, автоматизированные задачи должны хорошо поддаваться алгоритмизации. Принимая во внимание это и ежедневный бизнес-процесс преподавателя, составим следующий функционал проектируемой системы [9]:

- мониторинг посещаемости и активности обучающихся (для онлайн-занятий);
- поиск демонстрационных и учебных материалов по теме предстоящих занятий – для тех дисциплин, где приведение примеров реального использования позволяет лучше понять учебный материал;
- формирование и оптимизация индивидуального расписания работы с обучающимися с учётом официального расписания образовательного учреждения;
- работа по различным каналам связи со студентами (почта, мессенджеры, система управления обучением).
- проверка отправленных заданий обучающихся различной сложности;
- формирование замечаний и предварительных оценок исходя из этапа проверки;
- возможность создания собственных сценариев использования системы.

Определив функционал, смоделируем систему. Опустим верхний уровень А-0, и представим сразу его декомпозицию на рисунке 1.

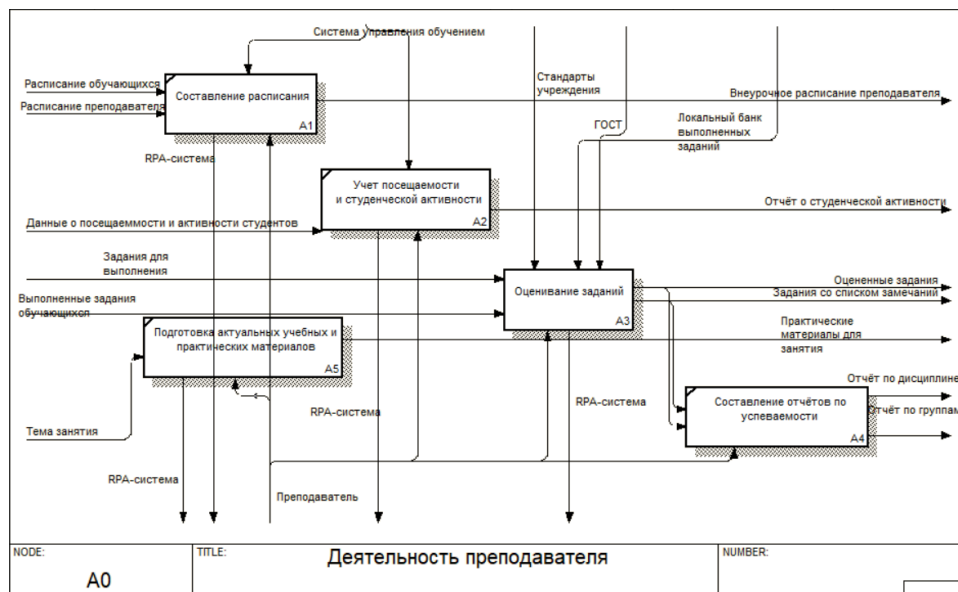


Рис. 1. Модель деятельности преподавателя

Заключение. В работе рассмотрена технология роботизации RPA в целом и в контексте образовательной сферы, определён функционал RPA-системы и смоделирован бизнес-процесс преподавателя с системой в нотации IDEF0.

Список использованных источников:

1. Ivančić L. Robotic Process Automation: Systematic Literature Review / L. Ivančić, D.C. Vuceg, V.B. Vuksic // Business Process Management: Blockchain and Central and Eastern Europe Forum. – Austria, Vienna. – 2019. – P. 280–295.
2. Asquith A. Let the robots do it! – Taking a look at Robotic Process Automation and its potential application in digital forensics / A. Asquith, G. Horsman // Forensic Science International : Reports, 2019. – Vol. 1. – P. 10–16.
3. Robotic Process Automation and Artificial Intelligence in Industry 4.0 – A Literature review / J. Ribeiro, R. Lima, T. Eckhardt, S. Paiva // Procedia Computer Science, 2021. – Vol. 181. – P. 51–58.
4. Lasso R. Guillermo Robotic Process Automation Applied to Education: A New Kind of Robot Teacher? / Guillermo Lasso R., Richard Jesus Gil Herrera. – Spain, Seville : IATED Publ. – 2019. – 11713 p. – DOI: 10.21125/iceri.2019.0669.
5. Sokolova A.G. Application of neural networks in education: opportunities and challenges / A.G. Sokolova, A.V. Arkhipov // Инновации и инвестиции. – 2023. – № 2.
6. Brown M. Automated Evaluation of Programming Assignments Using Neural Networks / M. Brown, R. Davis // IEEE Transactions on Education. – 2017. – 60 (4). – P. 284–291.
7. Xinyu W. Automated Evaluation for Student Argumentative Writing: A Survey / W. Xinyu, L. Yohan, P. Juneyoung. – 2022.
8. Integration definition for function modeling. NIST Technical Series Publications. – URL: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/FIPS/fipspub183.pdf> (дата обращения: 15.04.2024). – Текст: электронный.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ОБРАБОТКИ БАНКОВСКИХ ДОКУМЕНТОВ ПО ВОЗВРАЩЕННЫМ ДЕНЕЖНЫМ СРЕДСТВАМ ФИЗИЧЕСКИМ ЛИЦАМ В ПАО «МТС-Банк» г. ТОМСКА

А.И. Исакова, к.т.н., доц., С.В. Верповский^а, студ.

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники
634045, г. Томск, ул. Ленина, 40
E-mail: semj42@mail.ru

Аннотация: описан бизнес-процесс деятельности ПАО «МТС-Банк» г. Томска по обработке банковских документов по возвращенным денежным средствам и этапы его автоматизации.

Ключевые слова: автоматизированная система, банк, студенческая работа.

Abstract. Describes the business process of the activities of «MTS-Bank» in Tomsk for processing bank documents for returned funds and the stages of its automation.

Keywords: automated system, bank, student work.

Объектом исследования в данной работе является организация ПАО «МТС-Банк», которая оказывает полный комплекс банковских услуг, а именно: открытие и обслуживание банковских счетов, выдача кредитов, выпуск дебетовых и кредитовых карт, услуги для бизнеса, интернет-банкинг, а также услуги страхования. Исследуемая компания входит в число 30 ведущих банков России по величине активов, а основным акционером является ПАО «МТС» [1].

Для понимания стоит разобраться, что имеется ввиду под возвращенными денежными средствами. Это транзакции, которые не могут быть успешно завершены банком по различным причинам. Обычно это происходит из-за ошибок в банковских данных, таких как неверный номер счета получателя или недействительные платежные реквизиты. Количество таких операций напрямую зависит от масштабов банка и может составлять десятки или сотни в день.

Возврат средств клиентам на счета происходит вручную. Сначала клиент должен обратиться в службу банка, после чего отдел претензионной работы передает данные в нужный отдел, затем работник проверяет количество и суммы операций на наличие возвратов, после чего происходит занесение этих операций в банковскую систему ПАО «МТС-Банк», в которой формируются банковские ордера или платежные поручения. После всех этих действий работник банка должен отправить эти документы на подтверждение и только затем будет произведен возврат средств клиентам.

Не трудно догадаться, что весь этот процесс является крайне трудоёмким и занимает огромное количество времени, что может мешать работнику при наличии у него других обязанностей.

Исходя из всего вышеперечисленного, можно сказать, что решение по автоматизации данного процесса является достаточно обоснованным.

Функциональное проектирование было выполнено по методологии SADT (structured analysis and design technique). Модель «Как-есть» в нотации IDEF0 уровня A0 представлена на рисунке 1, она наглядно демонстрирует функционирование описанного выше бизнес-процесса на момент исследования.

Исполнителями являются эксперт расчётов по электронным сервисам и куратор сопровождения, осуществляющий контроль финансовых операций. В качестве инструмента исполнения используется информационная система ПАО «МТС-Банка».

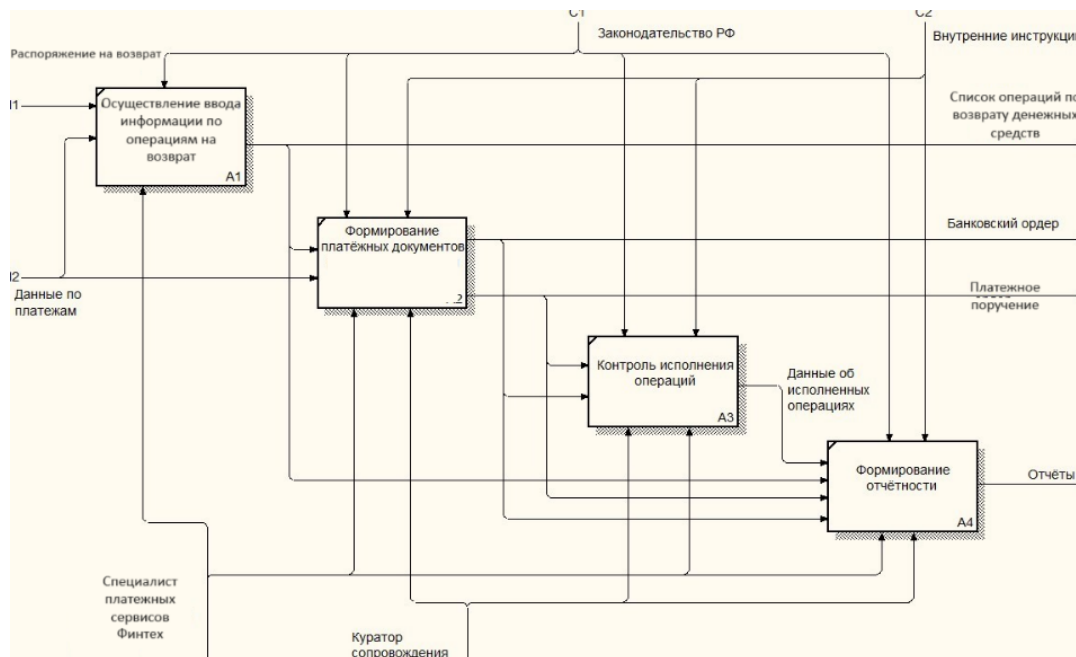


Рис. 1. SADT-модель «Как-есть»

На первом уровне декомпозиции выделены 4 функции:

- осуществление ввода информации по операциям на возврат;
- формирование платёжных документов;
- контроль исполнения операций;
- формирование отчётности.

В качестве входного документа выступают распоряжение на возврат денежных средств, после прихода которого начинается процесс обработки неуспешных операций, а также данные по самим неуспешным платежам.

В качестве выходных документов выступают список выполненных распоряжений, банковские ордера и платежные поручения, а также отчёты, которые формируются на последнем этапе.

Использование методологии IDEF1x в ходе исследования позволило создать концептуальную модель базы данных проектируемой информационной системы на трех уровнях: ER, KB и FA.

Для реализации были выбраны следующие средства разработки: среда разработки Qt Creator, язык программирования C++, фреймворк Qt. В качестве используемой СУБД выступает PostgreSQL.

Заключение. Итогом автоматизации является создание инструмента, позволяющего автоматизировать процесс ввода данных, формирования платёжных документов, а также облегчить контроль по их исполнению.

Информационная система обработки документов по опротестованным банковским операциям является открытой, может быть легко доработана и оснащена новыми возможностями и функциями.

проверки работ, повысит качество работ за счет автоматического выявления ошибок и снизит нагрузку на преподавателей.

Список использованных источников:

1. ПАО «МТС-Банк»: официальный сайт «МТС-Банк». – URL: <https://www.mtsbank.ru/o-banke/> (дата обращения: 20.04.2024). – Текст: электронный.

ОЦЕНКА ИНФОРМАТИВНОСТИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АДАПТАЦИИ СТУДЕНТОВ К ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

О.Н. Фисоченко, к.т.н., ст. преподаватель

Юргинский технологический институт (филиал)

Национального исследовательского Томского политехнического университета

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26

E-mail: fisochenkoon@tpu.ru

Аннотация: В статье представлены результаты отбора и оценки показателей адаптации студентов к образовательной деятельности на основе информационной меры Кульбака. Получены решающие правила для прогнозирования уровня адаптации на основе применения неоднородной последовательной процедуры распознавания (НППР).

Ключевые слова: адаптация студентов, прогнозирование, оценка информативности, информационная мера Кульбака.

Abstract: The article presents the results of the selection and assessment of indicators of students' adaptation to educational activities based on the Kullback information measure. Decisive rules are obtained for prediction of adaptation level based on application of non-uniform sequential recognition procedure

Keyword: student adaptation, forecasting, information content assessment, Kullback information measure.

Важным этапом в образовательной деятельности студентов является их своевременная адаптация к учебному процессу, а также включение в профессиональное сообщество. Адаптация влияет на успеваемость студентов, раскрытие их творческого потенциала, способность участвовать в проектной деятельности и учебной работе.

На основе анализа литературных источников и мнений экспертов, был сформирован набор методик, способных оценить уровень индивидуальной адаптации студента к обучению в вузе или ее срыв. Измерение показателей адаптации происходит в основном методами психодиагностического тестирования, анкетирования, экспертного оценивания.

В связи с трудностью прохождения студентами большого количества выбранных методик, проведен отбор психологических методик оценивающих уровни адаптации (психофизиологический, психологический, социальный уровни, адаптационный потенциал). Методики были выбраны на основании двух критериев: информативность показателей, оцениваемых методиками, и низкая трудоемкость (экспресс-методы) [1, 2].

Оценка информативности показателей проводилась на основе информационной меры Кульбака по формуле [3]:

$$J(x_i/A_1, x_i/A_2) = \sum_j \left(\lg \frac{P(x_{ij}/A_1)}{P(x_{ij}/A_2)} \right) \cdot [P(x_{ij}/A_1) - P(x_{ij}/A_2)],$$

где A_1, A_2 – классы состояний; i – номер признака; j – номер диапазона i -го признака; $P(x_{ij}/A_k)$ – частота попадания объекта из класса A_k в диапазон j признака i .

В таблицах 1, 2 представлены результаты оценки информативности показателей.

Таблица 1

Значения оценок информативности признаков

№	Показатель	Описание	Методика	Информативность
1	Контроль	Убежденность в том, что борьба позволяет повлиять на результат происходящего. Человек с сильно развитым компонентом контроля ощущает, что сам выбирает собственную деятельность, свой путь.	Тест жизнестойкости С.Мадди	69,53
2	Индекс общей адаптивности	Равен разнице баллов между индексом общей активности и индексом общей эмоциональности	ОФДСИ В.М. РУСАЛОВА	67,93
3	Психическое здоровье	Характеризует наличие депрессии, тревоги. Общий показатель положительных эмоций, (наличии депрессивных, тревожных переживаний)	Опросник SF-36	63,03
4	Ригидность	Невозможность личности адаптироваться к новым условиям, продиктованным объективными изменениями извне (отсутствие гибкости в принятии решений)	Диагностика самооценки психологических состояний Г. Айзенка	51,83
5	Материально обеспеченная жизнь	Отсутствие материальных затруднений	Методика Е.Б. Фанталовой	49,58
6	Семейная жизнь	Стремление строить крепкие семейные отношения	Морфологический тест жизненных ценностей	49,49
7	Индекс расхождения «Ценность-Доступность» (R)	Отражает степень рассогласование, дезинтеграцию в мотивационно-личностной сфере. Отражает степень неудовлетворенности текущей жизненной ситуацией, а также уровня самореализации, интегрированности, гармонии.	Методика Е.Б. Фанталовой	48,33
8	Личностная тревожность	Характеризует устойчивую склонность воспринимать большой круг ситуаций как угрожающие, реагировать на такие ситуации состоянием тревоги.	Диагностика самооценки Ч.Д. Спилберга, Ю.Л. Ханина.	47,85
9	Достижения	Стремление достигать конкурентных и осязаемых результатов в своей проф. деятельности. Часто для повышения самооценки.	Морфологический тест жизненных ценностей	45,85
10	Давление	Характеризует общую эмоционально окрашенную интенсивность жалоб(истощение, желудочные жалобы, боли в различных частях тела, сердечные жалобы)	Гиссенский опросник	45,82
....

Из таблицы 2 видно, что в группе 1 показатель «Контроль» имеет преимущественно высокие значения, а в группе 2 – низкие.

Сравнительный анализ наиболее информативных показателей, полученных с помощью метода Кульбака и метода ограниченного перебора, реализованного в системе *Wizwhy*, показал практически полное их совпадение [4].

Таблица 2

Распределение значений показателя «Контроль», тест жизнестойкости С. Мадди

	Диапазон	Группа А ₁	Группа А ₂
Диапазон I	18–22,7	0 %	22 %
Диапазон II	22,7–27,4	0 %	44 %
Диапазон III	27,4–32,1	0 %	33 %
Диапазон IV	32,1–36,8	17 %	11 %
Диапазон V	36,8–41,5	50 %	0 %
Диапазон VI	41,5–46	33 %	0 %

Для построения решающего правила на основе метода неоднородной последовательной процедуры распознавания были получены диагностические коэффициенты для всей совокупности признаков. Алгоритм принятия решения представлен в табл. 3.

В соответствии с алгоритмом НППР, были составлены таблицы диагностических коэффициентов для распознавания двух классов – удовлетворительной и неудовлетворительной адаптации [5].

Таблица 3

Алгоритм принятия решения при использовании неоднородной последовательной процедуры распознавания

Построение решающего правила	Диагностическая процедура
1. Корреляционный анализ признаков с помощью различных видов коэффициентов корреляции в зависимости от типа переменной.	1. Определение значения α и β в зависимости от решаемой задачи, где α – ошибка первого рода $\alpha = 0,1$, β – ошибка второго рода $\beta = 0,1$.
2. Оценка информативности имеющегося набора признаков. 3. Вычисление диагностических коэффициентов для каждого признака по формуле: $DK = 10 \lg \frac{P(x_{ij}/A_1)}{P(x_{ij}/A_2)}$, где состояние A_1 – удовлетворительная адаптации; состояние A_2 – неудовлетворительная адаптации, x_{ij} – значимые для диагностики признаки, где i – индекс диапазона, j – индекс признака. 4. Формирование набора признаков для включения в решающее правило.	2. Правило принятия решения: $DK_{\text{нор}}(A_2) < \sum_j DK(x_i) < DK_{\text{нор}}(A_1)$ $DK_{\text{нор}}(A_1) = 10 \lg \frac{1-\alpha}{\beta} = 19,96$ $DK_{\text{нор}}(A_2) = 10 \lg \frac{\alpha}{1-\beta} = -19,96$

Результаты решения задачи прогнозирования адаптации иностранных студентов представлены в табл. 4. Решающие правила были получены для пяти групп показателей. В первую группу входят все методики, с высокими значениями информативности показателей; во вторую группу – только экспресс-методики, имеющие информативные показатели; в третью – методики, оценивающие социальный уровень адаптации; в четвертую – методики, оценивающие психологический уровень адаптации; в пятую – методики, оценивающие психофизиологический уровень адаптации иностранного студента.

Таблица 4

Результаты решения задачи прогнозирования адаптации с помощью НПП

Набор исходных признаков	Класс A1 (удовл.)					Класс A2 (неудовл.)				
	правильно, %	неправильно, %	Не определено, %	K_1	I_1	правильно, %	неправильно, %	Не определено, %	K_2	I_2
Все методики, имеющие информативные показатели	100 %	0 %	0 %	2	3	100 %	0 %	0 %	3	5
Экспресс-методы, имеющие информативные показатели	100 %	0 %	0 %	6	2	100 %	0 %	0 %	9	4
Методики оценивающие социальный уровень адаптации	100 %	0 %	0 %	4	5	100 %	0 %	0 %	8	4
Методики оценивающие психологический уровень адаптации	100 %	0 %	0 %	4	2	89 %	11 %	0 %	2	10
Методики оценивающие психофизиологический логический уровень адаптации	100 %	0 %	0 %	3	2	89 %	11 %	0 %	8	1

Примечание: K_1 – кол-во объектов, отнесенных к классу A_1 , у которых решение принято по одному признаку; K_2 – кол-во объектов, отнесенных к классу A_2 , у которых решение принято по одному признаку; I_1 – максимальное кол-во признаков, отнесенных к классу A_1 , используемое для принятия решения; I_2 – максимальное кол-во признаков, отнесенных к классу A_2 , используемое для принятия решения.

Из таблицы 4 видно, что качество распознавания только с помощью экспресс-методов, имеющих информативные признаки, не хуже, чем распознавание полным набором методик, имеющих высокие информативные показатели. С учетом полученных результатов составлен перечень методик, которые были включены в информационную систему по оценке, прогнозированию и управлению адаптацией студентов.

В результате выполненного исследования были выбраны наиболее информативные показатели с использованием информационной меры Кульбака и неоднородной последовательной процедуры распознавания. Признаковое пространство показателей, оказывающих влияние на адаптацию студентов, сокращено от 97 до 20 наиболее информативных.

Список использованных источников:

1. Берестнева О.Г. Разработка критериев и системы показателей для оценки адаптации иностранных студентов, обучающихся в российских вузах / О.Г. Берестнева, О.Н. Фисоченко // Ползуновский вестник. – 2014. – № 2. – С. 37–41.
2. Гублер Е.В. Вычислительные методы распознавания патологических процессов / Е.В. Гублер. – Л. : Медицина, 1970. – 319 с.
3. Фисоченко О.Н. Комплексный подход к управлению адаптацией иностранных студентов / О.Н. Фисоченко // Информационные технологии в науке, управлении, социальной сфере и медицине: сборник научных трудов II Международной конференции. – Томск : Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2015. – С. 560–562.
4. Фисоченко О.Н. Выявление закономерностей адаптации иностранных студентов с помощью системы WIZWHY / О.Н. Фисоченко // Информационные и математические технологии в науке, технике, медицине: сборник трудов Всероссийской конференции с международным участием. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – С. 24–28.
5. Фисоченко О.Н. Оценка и прогнозирование уровня адаптации иностранных студентов / О.Н. Фисоченко // Общество, политика, финансы: материалы Российской научно-технической конференции. – Новосибирск : Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2015. – С. 105–111.

Секция 3

Промышленная безопасность

СИСТЕМА (МОДЕЛЬ) УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ТРУДА В ВУЗЕ

*П.В. Родионов^а, к.пед.н., доц., А.А. Столярова, М.Н. Крупин, студ.
Юргинский технологический институт (филиал)*

*Национального исследовательского Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26
E-mail:^аrodik-1972@yandex.ru*

Аннотация: В статье рассмотрены основные мероприятия и этапы анализа организации вуза по управлению системой охраной труда в вузе на основах всестороннего системного анализа действий руководителей, специалистов по охране труда и обучающихся в определенной сфере безопасности труда и обучения. Также в статье предлагается инновационная четырехэтапная модель системы управления охраной труда вуза для повышения эффективности результатов охраны труда в системе безопасности образовательной деятельности высших учебных заведений.

Ключевые слова: Охрана труда, системный подход, высшее образование, безопасность, профессиональные риски, специалист по охране труда.

Abstract: The article discusses the main activities and stages of analysis of the organization of a university for managing the occupational safety and health system at the university on the basis of a comprehensive system analysis of the actions of managers, occupational safety specialists and students in a certain area of occupational safety and training. The article also proposes an innovative four-stage model of a university's labor protection management system to improve the effectiveness of labor protection results in the safety system of educational activities of higher educational institutions.

Keywords: Occupational safety, systemic approach, higher education, safety, occupational risks, occupational safety specialist.

Безопасность образовательной деятельности в настоящее время является неотъемлемой составляющей образовательного процесса в высшем учебном заведении в связи с тем, что сохранение жизни и здоровья сотрудников и обучающихся вуза – главная задача его руководства. Основа безопасности вуза – это знание и выполнение всеми сотрудниками и обучающимися правил охраны труда и других аспектов безопасности. На данный момент существует недоверие и непонимание к современной организации охраны труда в вузе. Так же наблюдается низкая мотивация сотрудников вуза в области участия в мероприятиях по охране труда. В должностных обязанностях руководителя любого уровня власти прописаны и особые обязанности по определенным областям безопасности, в том числе и по охране труда. Руководители структурных подразделений вуза считают задачи, поставленные руководителем вуза по охране труда, второстепенными и выполняют их некачественно, не в срок и без творческого подхода, многие считают, что они «просто помогают» специалисту по охране труда.

В итоге, система управления охраной труда в вузе не получает необходимого развития и как следствие не является системой организующим критерием в обеспечении безопасности вуза.

В настоящее время не хватает руководителей и непосредственных исполнителей, способных на системное и критическое мышление, коммуникации, разработку и реализацию проектов по безопасности.

Для создания эффективной системы безопасности труда в университете необходимо проанализировать состояние охраны труда в вузе. Методика по проверке состояния охраны труда в образовательных организациях на данное время как таковой нет, и в основном специалисты рассматривают вопросы анализа по критериям проверки, применяемым в Государственной инспекции труда.

Основная составляющая анализа системы управления охраной труда (далее – СУОТ) – оценка состояния охраны труда в образовательной организации.

В процессе анализа СУОТ вуза выполняются следующие мероприятия:

1. Анализ списка нормативно-правовых актов по охране труда, применяемых в вузе.
2. Анализ системы управления профессиональными рисками в вузе.
3. Анализ применения (использования) СИЗ.
4. Анализ проведения различных медицинских осмотров сотрудников и студентов вуза.
5. Анализ количества, причин микротравм, несчастных случаев, травм и профессиональных заболеваний сотрудников.
6. Анализ планов по улучшению условий труда на основе актов производственного контроля, специальной оценки условий труда на рабочих местах и т. п.
7. Анализ подготовки по охране труда руководства и сотрудников вуза.
8. Анализ актуальности и наполнения оборудованием элементов УМБ по охране труда.

Также в анализе должны учитываться следующие критерии:

- политика руководства вуза в области охраны труда;
- участие сотрудников и студентов в СУОТ вуза;

- компетентность руководства по охране труда;
- обмен информацией в системе: субъект – объект управления;
- финансирование мероприятий по охране труда;
- предупреждающие, контролирующие, корректирующие меры;
- непрерывное совершенствование и актуализация СУОТ вуза.

На основе стратегий, сформулированных в рамках анализа СУОТ вуза и SWOT-анализа выявлены мероприятия (действия), которые возможно и необходимо выполнить в первую очередь, это:

1. Увеличение материального стимулирования и премирование сотрудников и студентов вуза.
2. Повышение эффективности подготовки сотрудников и студентов по охране труда.
3. Привлечение профсоюзной организации к мероприятиям по охране труда.
4. Актуализация УМБ по безопасности.

5. Закупка необходимых технических средств защиты на рабочие места, средств индивидуальной защиты для сотрудников.

6. Повышение эффективности контролирующих мероприятий.

Выбор действий для первоочередного исполнения произведен по основным направлениям:

– современные тенденции достаточно демонстрируют, что профессиональная подготовка по охране труда (далее – ОТ) и стимулирования действий сотрудников важно, так как результатом этого становится положительная тенденция по повышению мотивации заниматься организацией безопасных условий труда и пропаганды безопасной жизнедеятельности.

– для качественного выполнения первого направления вузу целесообразно увеличить объем закупок и финансирования по охране труда с реализацией предложений сотрудников и профсоюзной организации, что позволит обеспечить качественное взаимодействие руководства, сотрудников и студентов в рамках безопасной деятельности и проведения контролирующих мероприятий на более качественном уровне.

Также, еще одним действием, способствующим качественному исполнению первого и второго направления, является закупка оборудования по защите рабочих мест и элементов УМБ. Это позволит обеспечить достаточный уровень актуализации УМБ, что в свою очередь выведет качество подготовки по охране труда и выполнение контролирующих мероприятий на высший уровень.

По результатам проведенной работы по повышению (росту) качества организации и управления системой управления труда в ЮТИ ТПУ сформирована общая стратегия по улучшающему воздействию на СУОТ вуза, состоящая из четырех этапов.

На первом этапе модели (рисунок 1) проводится привлечение руководителей, специалистов по ОТ, сотрудников и студентов в безопасную среду образовательной деятельности вуза. На данном этапе также формируется правовая база будущей СУОТ и ее интеграции с СМК вуза во время проведения мероприятий по безопасности образовательной деятельности. Результатом данного этапа будет изменение мышления руководителей всех рангов в области ОТ.

На втором этапе предлагаемой модели осуществляется всестороннее тактическое и стратегическое планирование мероприятий по ОТ, формируется рабочая группа по планированию, руководитель вуза совместно со специалистом по ОТ организует и контролирует работу группы планирования. Результатом данного этапа становится плановый подход ко всем решаемым проблемам и проведению мероприятий по ОТ.

На третьем этапе проводятся непосредственно все мероприятия по ОТ и осуществляется апробирование предлагаемых методов системного подхода к СУОТ вуза. Результат: формирование у руководителей, сотрудников и студентов компетенций в области безопасности образовательного процесса, создание благоприятного климата по ОТ.

На завершающем четвертом этапе происходит внедрение адаптированной СУОТ вуза в процесс безопасности. Результатом данного этапа является достижение целей предлагаемой модели: повышение эффективности СУОТ вуза, мотивация сотрудников вуза, создание благоприятного климата в области образовательной безопасности.

Результатом внедрения модели станет:

- профессиональное и личностное развитие руководителей, сотрудников и студентов;
- формирование компетенций по охране труда;
- повышение качества проведения мероприятий по охране труда.

Для определения эффективности внедрения нового метода по СУОТ ЮТИ ТПУ было проведено два опроса всего контингента ЮТИ ТПУ: начальный (перед апробацией метода) и конечный (после годового периода внедрения).

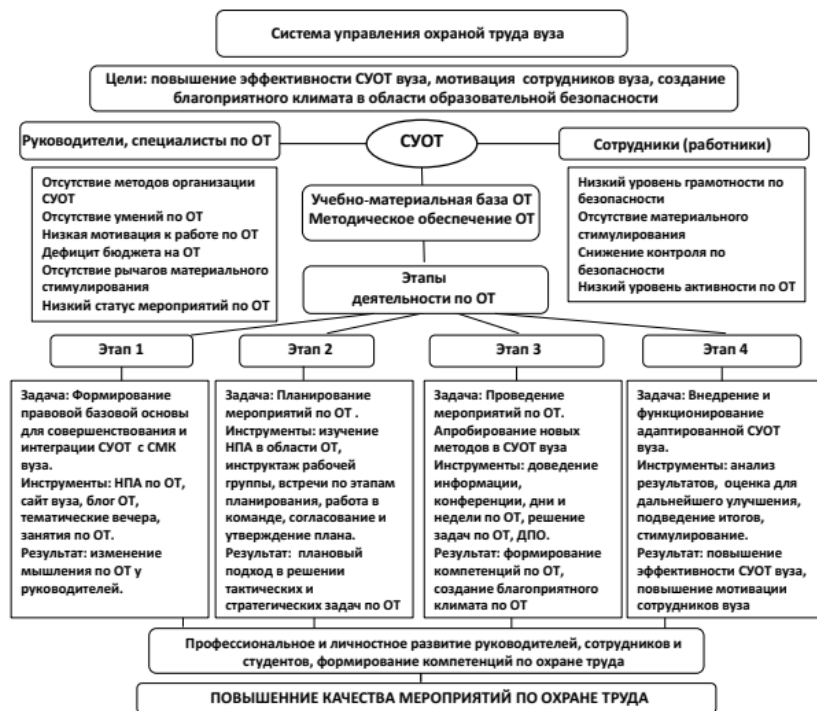


Рис. 1. Модель управления СУОТ в вузе

После проведения начального опроса выяснилось, что:

- не все преподаватели прошли опрос – самый низкий процент выполнения;
- работники не интересуются своими условиями труда на рабочем месте;
- работники затрудняются ответить по многим вопросам охраны труда;
- для многих работников (79 %) – Соблюдение правил по охране труда это норма;
- почти все работники (98 %) ознакомлены с локальными документами по охране труда в ЮТИ;
- почти все работники (98 %) постоянно соблюдают правила охраны труда;
- желание участвовать в процессе управления системой охраны труда изъявили 40 % респондентов.

После проведения опроса определены основные направления работы по улучшению условий труда в вузе:

- повышение мотивации профсоюзов и работников института в управлении охраной труда;
- необходимость стимулирования работников и руководителей по результатам охраны труда.
- проведение инструктажей по охране труда на более качественном и высоком методическом уровне с применением технических средств обучения;
- повышение эффективности пропаганды и профилактических мероприятий в области охраны труда.

После внедрения и апробирования предложенной модели СУОТ вуза выявились следующие результаты опроса:

- зафиксирован процент выполнения анкеты – 99 %, все прошли опрос кроме отсутствующих по уважительным причинам: отпуск, командировка и болезнь;
- все сотрудники (работники) знают свои условия труда на рабочем месте;
- все сотрудники (работники) ответили практически по всем вопросам по охране труда;
- уже для 98 % опрошенных – Соблюдение правил по охране труда это норма;
- все работники (100 %) ознакомлены с локальными документами по охране труда в ЮТИ;
- все работники (100 %) постоянно соблюдают правила охраны труда;
- желание участвовать в процессе управления системой охраны труда изъявили 80 % респондентов.

После проведения опроса определены основные направления по дальнейшей работе по улучшению условий труда в вузе:

- создание актива сотрудников института по проверке проведения мероприятий охраны труда;
- доведение на совещаниях и в средствах СМИ вуза до работников и руководителей итогов по результатам охраны труда;
- внедрение новых систем защиты работников на рабочих местах;
- учет предложений и рекомендаций в области охраны труда и их применение в реальной обстановке.

Таким образом, возникает острая необходимость внедрения предлагаемой модели системы управления охраной труда в образовательную деятельность вуза для обеспечения повышения эффективности работы руководителей, сотрудников и обучающихся в области безопасности.

Внедрение модели позволит:

- привлечь активных работников вуза к управлению охраной труда;
- минимизировать все виды затрат на охрану труда без понижения ее эффективности;
- повысить качество подготовки работников по охране труда;
- добиться реальности и сокращения объема документов в области охраны труда.

Внедрение в жизнь вуза данной модели позволит повысить численность персонала, участвующих в улучшении деятельности образовательной организации в области охраны труда.

Список использованных источников:

1. Орлова О.И. Исследование состояния системы управления охраной труда в учреждениях высшего образования / О.И. Орлова // Аллея науки. – 2018. – Т. 2, № 10 (26). – С. 631–635.
2. Проблемы комплексного управления охраной труда в образовательных учреждениях / А.С. Гринина // Научный вестник Южного института менеджмента. – 2017. – № 1. – С. 51–55.
3. Солдунов А.В. Обучение охране труда в образовательных организациях: особенности риск-ориентированного подхода при осуществлении надзора в сфере труда / А.В. Солдунов, Л.Ю. Солдунова // Вестник Саратовского областного института развития образования. – 2019. – № 1 (17). – С. 101–105.
4. Коркачев В.А. Проблемные аспекты формирования стратегии управления охраной труда на предприятии / В.А. Коркачев, А.Г. Коряков // Экономика и управление инновациями. – 2019. – № 3. – С.78–87.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМ РАННЕГО ОБНАРУЖЕНИЯ И ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ПОЖАРОВ НА ШАХТАХ, РАЗРЕЗАХ И ОТВАЛАХ УГОЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Н.Ю. Луговцова, к.т.н., доц.

Юргинский технологический институт (филиал)

Национального исследовательского Томского политехнического университета

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26

E-mail: lnyu@tpu.ru

Аннотация: В работе предлагается новый механизм снижения скорости сорбции кислорода углем, основанный на взаимодействии теплофизических параметров воздуха и влажности угля. Проведены исследования по влиянию влаги в различном агрегатном состоянии на скорость сорбции углем кислорода с учетом особенностей строения углей, степени его метаморфизма, химического состава и физических свойств. Выявлены зависимости тепловлажностных параметров окружающей среды на время протекания химической реакции окисления скоплений угля, их размеры, геометрическую форму (параллелепипед, высотой L и неограниченными шириной и длиной, цилиндр, радиусом R с неограниченной длиной, сфера, радиусом R).

Ключевые слова: самовозгорание угля, скорость сорбции, химическая активность, теплофизические параметры воздуха.

Abstract: The work proposes a new mechanism for reducing the rate of oxygen sorption by coal, based on the interaction of coal humidity and thermophysical parameters of air. Studies have been carried out on the effect of moisture in various states of aggregation on the rate of oxygen sorption by coal, taking into account the structural features of coal, the degree of its metamorphism, chemical composition and physical properties. The dependences of the heat and humidity parameters of the environment on the time of the chemical reaction of oxidation of coal accumulations, their sizes, geometric shape (parallelepiped, height L and unlimited width and length, cylinder, radius R with unlimited length, sphere, radius R) were revealed.

Keywords: spontaneous combustion of coal, sorption rate, chemical activity, thermophysical parameters of air.

Разработка угольных месторождений всегда сопровождается авариями и несчастными случаями, причем большая часть аварий связана с подземными пожарами в шахтах, отвалах и разрезах. Они вызываются, как правило, самонагреванием угля с последующим переходом в самовозгорание, которое приводит к пожару.

Изучение закономерностей возникновения процессов самовозгорания угля, и способов раннего обнаружения этих процессов давно привлекает внимание ученых.

Основной целью работы является исследование и определение новых физических условий, и создание математических моделей развития процессов самовозгорания угля, описывающих изменение скорости, температуры, влажности и концентрации кислорода в угольном скоплении.

Горнодобывающая отрасль является одной из основных, составляющих промышленность Сибирского федерального округа. Порядка 80 % всех минеральных ресурсов Сибири составляют уголь и молибден. Круп-

нейшими по объемам добычи угля в округе являются Кузнецкий, Канско-Ачинский, Иркутско-Черемховский и Минусинский бассейны. Причем, добыча производится, как открытым (разрезы), так и подземным (шахтным) способами. Практически все разрабатываемые пласты, вне зависимости от способов добычи, в той или иной степени проявляют склонность к самовозгоранию при их вскрытии. В процессе ведения открытых горных работ на угольных разрезах часто возникают техногенные пожары, как например, пожар на Харанорском месторождении бурого угля в Забайкалье в мае 2018 года, на Тунгуйском угольном разрезе в Бурятии в октябре 2018 года, Коркинском угольном разрезе в Челябинске в 2017 году и многие другие. Кроме того, при открытом способе добычи всегда образуются отвальные породы – терриконы, которые также нередко самовозгораются. Известно, что в глубине терриконов, подверженных горению, температура достигает 1000 °С и более, а процесс горения может длиться до 20 лет. При шахтном способе добычи возникают эндогенные пожары в результате самовозгорания угольных скоплений в выработанном пространстве шахт. Основная опасность таких пожаров заключается в том, что их сложно обнаружить на ранней стадии и предотвратить.

Экологический ущерб только от эндогенных пожаров в Кемеровской области в среднем составляет около 1 млрд. руб. в год. Ущерб, наносимый окружающей среде, заключается в выбросах в атмосферу вредных и ядовитых веществ, образующихся при горении угольных пластов, в частности, согласно недавно проведенным исследованиям, над эндогенными пожарами от шахт Кузбасса выделяется дополнительно в атмосферу 21 тыс. т в год оксида углерода, 19 тыс. т в год водорода и 210,5 тыс. т в год метана.

Несмотря на все имеющиеся на сегодняшний день способы предотвращения самовозгорания угля, данная проблема остается актуальной, поскольку многие теоретические стороны не проработаны в полном объеме, а расширение объема горных работ, и вследствие этого увеличение площади отвалообразования, а также тенденция закрытия отработанных шахт, требует постоянного увеличения усилий для предупреждения самовозгорания, локализации и тушения пожаров.

К настоящему времени выдвинуто множество теорий, основными из которых являются теория самовозгорания пирита, кислородная теория, бактериальная теория и теория горного давления. Многие ученые (Скрицкий В.А., Портола В.А., Игишев В.Г., Саранчук В.И. и др.) сходятся во мнении, что возникновение самовозгорания происходит при воздействии кислорода воздуха и низкотемпературном окислении угля. Согласно кислородной теории, самовозгорание угля происходит в результате реакций окисления кислородом воздуха в угольных пластах. В результате химической реакции угля с кислородом воздуха повышается его температура (самонагревание). Когда уголь достигает критической температуры, процесс саморазогревания переходит в процесс самовозгорания угля. В этом случае нагрев угля объясняется возникновением сорбционных процессов, когда уголь поглощает кислород из воздуха. На первой стадии кислород поглощается углем, что приводит к образованию на его поверхности нестабильных соединений кислорода. На следующей стадии происходит химическое разложение нестабильных соединений кислорода с образованием оксида углерода, углекислого газа и воды. На этой стадии окисления угля выделяется до 70 % всего тепла. Несмотря на большое количество исследований, проведенных для выяснения этих вопросов, знания в этой области еще не полностью удовлетворяют требованиям промышленности. Нет сомнения, что самонагревание вызвано окислением угля и накоплением выделяющегося при этом тепла, но конкретные условия и механизм этого процесса настолько необычны и еще не ясны, что общих химических представлений недостаточно для их определения.

Основную роль в процессе самовозгорания угольных пластов играют геологическое строение и качество угля. Важнейшими горно-геологическими факторами, способствующими развитию эндогенных пожаров, являются мощность пласта, глубина залегания и угол падения пласта.

Кроме того, в зонах тектонических нарушений и в старых горных выработках угли могут обладать повышенной химической активностью, характеризующей скорость поглощения углем кислорода.

Химическая активность может существенно изменяться в зависимости от степени метаморфизма, глубины залегания пласта, элементного состава угля и многих других факторов. Многочисленные исследования посвящены влиянию начальной влажности угля на его самовозгорание. В некоторых литературных источниках утверждается, что влага, действуя на уголь, может выступать катализатором процесса окисления, тем самым ускоряя процесс самовозгорания угля. В других источниках, наоборот, установлено, что скорость поглощения кислорода углем снижается с увеличением его влажности. Причиной этого считают то, что при заполнении жидкостью пор и трещин на поверхности угля образуется пленка воды, замедляющая проникновение кислорода к активным центрам. Также в некоторых работах утверждается, что при повышении влажности угля процесс самовозгорания угля замедляется из-за потери выделяемого тепла за счет нагрева и испарения жидкости.

В рамках работы проведены исследования по влиянию влаги в различном агрегатном состоянии на скорость сорбции углем кислорода с учетом особенностей строения углей, степени его метаморфизма, химического состава и физических свойств. Выявлены зависимости тепловлажностных параметров окружающей среды на время протекания химической реакции окисления угольных скоплений, их размеры, геометрическую форму (параллелепипед, высотой L и неограниченными шириной и длиной, цилиндр, радиусом R с неограниченной длиной, сфера, радиусом R).

Полученные в ходе выполнения работы результаты и знания позволили определить физико-химический механизм протекания реакции низкотемпературного окисления угля и условия возникновения и развития очагов самовозгорания, а также, на основе этих знаний, создать принципиально новую экономически эффективную систему раннего обнаружения и предупреждения пожаров на угольных предприятиях, и тем самым снизить экологический ущерб от горнодобывающей деятельности.

Ранее, при исследовании химической активности углей, была установлена закономерность одновременного воздействия хладагента, процесса испарения и охлаждения скоплений угля на скорость сорбции кислорода углем. Обосновано, что определяющим фактором эндогенных пожаров является процесс самовозгорания угля, обусловленный его химической активностью. Доказано, что снижение температуры угольного скопления на каждые 10 °С снижает химическую активность угля в 2 раза, тем самым резко увеличивая инкубационный период процесса самовозгорания угля.

Получены уравнения экспоненциальной зависимости скорости сорбции кислорода углем от температуры во времени: $U_1 = 0,0024^{e^{0,0663T}}$, $U_2 = 0,0019^{e^{0,0665T}}$, $U_3 = 0,0015^{e^{0,0574T}}$ с разницей через каждые 24 часа. При комплексном воздействии увлажнения и охлаждения снижение температуры угля с 25 до 0 °С снижает его химическую активность в 3-4 раза. Доказано, что при увлажнении скоплений угля на каждые 10 % и последующем продувании сухим воздухом температура угля снижается на 1 °С. Однако, исследованы были угли только Кузнецкого угольного бассейна. По статистике же, наиболее склонны к самовозгоранию бурые угли, добываемые, преимущественно, в Канско-Ачинском и Иркутско-Черемховском бассейнах.

Для успешной реализации ранее проведенных исследований, а также исследования механизмов и условий развития процессов самовозгорания углей в шахтах, отвалах и разрезах, необходимо более детально изучить процессы развития эндогенных пожаров шахт, отвалов и разрезов в совокупности с проведением натуральных испытаний системы раннего обнаружения и предупреждения самовозгорания. Исследования механизмов и причин возникновения процессов самовозгорания угольных скоплений являются крупной фундаментальной задачей, решение которой может в значительной мере определить процесс безопасного развития горнодобывающей отрасли.

Список использованных источников:

1. Akinshipe O. The quantification of atmospheric emissions from complex configuration sources using reverse dispersion modeling / O. Akinshipe, G. Kornelius // *International Journal of Environmental Science and Technology*. – 2017. – vol. 14. – Issue 11. – pp. 2367–2378. – DOI: 10.1007/s13762-017-1316-0.
2. Kurakov Yu. I. The effect of coal mine dumps on the atmospheric conditions / Yu. I. Kurakov // *Khimiya Tverdogo Topliva*. – 2005. – Vol. 6. – P. 70–76.
3. Тимофеева С.С. Возможности использования магнийсиликатных отходов для снижения экологической нагрузки на атмосферу при самовозгорании угля / С.С. Тимофеева, Г.И. Смирнов // *Вестник Технологического университета*. – 2018. – Т. 21, № 1. – С. 66–70.
4. Тимофеева С.С. Роль угля в энергетике XXI века и оценка рисков при его добыче и потреблении / С.С. Тимофеева, Г.И. Смирнов // *XXI век. Техносферная безопасность*. – 2016. – Т. 1, № 4 (4). – С. 92–106.
5. Тимофеева С.С. Безопасность добычи угля в показателях риска / С.С. Тимофеева, Е.А. Хамидуллина, Г.И. Смирнов // *Безопасность в техносфере*. – 2014. – Т. 3, № 4. – С. 34–39.
6. Смирнов Г.И. Возможности использования пожарных извещателей для обнаружения самовозгорания угля на ранних стадиях / С.С. Тимофеева, Г.И. Смирнов // *Вестник Иркутского государственного технического университета*. – 2014. – № 11 (94). – С. 103–107.
7. Khamidullina E.A. Accidents in coal mining from perspective of risk theory / E.A. Khamidullina, S.S. Timofeeva, G.I. Smirnov // *IOP Conference Series: materials Science and Engineering Ser. «International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety, ICCATS 2017»*. – 2017. – С. 012210.
8. Тимофеева С.С. Оценка экологической нагрузки технологических процессов добычи угля на окружающую среду на примере Черемховского разреза / С.С. Тимофеева, М.А. Мурзин // *Вестник Иркутского государственного технического университета*. – 2015. – № 3 (98). – С. 108–114.
9. Эндогенная пожароопасность шахт Кузбасса / В.А. Портола, Н.Л. Галсанов, М.В. Шевченко, Н.Ю. Луговцова // *Вестник Кузбасского государственного технического университета*. – 2012. – № 2 (90) – С. 44–47.
10. Портола В.А. Развитие процесса самовозгорания в скоплении предварительно охлажденного угля / В.А. Портола, Н.Л. Галсанов, Н.Ю. Луговцова // *Вестник Кузбасского государственного технического университета*. – 2013. – № 1 (95). – С. 49–52.

АНАЛИЗ ПРИЧИН АВАРИЙ НА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЯХ

*А.Г. Мальчик^а, к.т.н., доц., В.К. Бутусова, студ.
Юргинский технологический институт (филиал)
Национального исследовательского Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26
E-mail: ^аselen@tpu.ru*

Аннотация: На сегодняшний день проблемы безопасности объектов водного хозяйства, в особенности плотин, дамб и других гидротехнических сооружений, остро стоят в обществе. Этот вопрос становится особенно актуальным в свете больших экономических, экологических и социальных потерь, связанных с разрушением данных объектов. В таких условиях встает задача детального анализа причин возникновения аварий на гидротехнических сооружениях.

Ключевые слова: гидротехнические сооружения, безопасность, методы контроля, авария

Abstract: Today, the problems of safety of water management facilities, especially dams, dams and other hydraulic structures, are acute in society. This issue is becoming especially relevant in the light of the large economic, environmental and social losses associated with the destruction of these facilities. In such conditions, the task arises of a detailed analysis of the causes of accidents at hydraulic structures.

Keyword: hydraulic structures, safety, control methods, accident

Гидротехнические сооружения играют важную роль в водном хозяйстве, обеспечивают защиту от наводнений, регулирование речных вод, производство энергии, снабжение водой и другие функции. Гидротехнические сооружения включают в себя различные типы сооружений, такие как плотины, гидроэлектростанции, судоходные шлюзы, насосные станции и другие. Существует огромное количество гидротехнических сооружений по всему миру. Некоторые из них были построены еще в прошлом столетии и до сих пор активно используются. Например, количество высоких плотин превышает 52 тысячи, а большинство из них были построены после 1950 года.

Этот факт свидетельствует о значительном росте строительства гидротехнических сооружений в последние десятилетия. Гидротехнические сооружения играют важную роль в сельском хозяйстве, обеспечивая полив сельскохозяйственных угодий на площади 270 миллионов гектаров. Они также вносят значительный вклад в производство энергии, обеспечивая около 20 % от общего потребления энергии. Кроме того, они используются для обеспечения питьевой и технической водой, а также для строительства зданий на берегах водохранилищ. Существует несколько стран, где находится большинство гидротехнических сооружений. В пяти наиболее развитых странах находится около 75 % от общего числа сооружений. Большинство плотин имеют высоту менее 30 м, но есть и небольшое количество высоких плотин, превышающих 100 м, которые в основном используются для производства энергии. Несмотря на важность гидротехнических сооружений, обеспечение их безопасности является главным критерием при их строительстве. Причиной аварийных ситуаций с серьезными последствиями могут стать плотины, потенциально опасные гидродинамические сооружения.

В прошлом произошло несколько катастроф на крупных плотинах, которые привели к человеческим жертвам, экономическим и экологическим убыткам. В целом, гидротехнические сооружения играют важную роль в водном хозяйстве и обеспечивают множество пользы для общества.

Однако необходимо уделять должное внимание безопасности и устойчивости этих сооружений, чтобы предотвратить возможные аварии и минимизировать их негативные последствия [1].

Прорывы плотин могут вызвать серьезные аварии и нанести значительный ущерб окружающей среде и населению. Для обеспечения безопасности ГТС и предотвращения аварий, следует уделять особое внимание проектированию, строительству и эксплуатации. Необходимо проводить регулярный мониторинг состояния ГТС, который позволит выявить потенциально опасные зоны и элементы и принять меры по их устранению. Важно использовать современные методы контроля и инновационные научные разработки для повышения эффективности и надежности ГТС.

Гидротехнические сооружения, включающие в себя плотины и другие сооружения, являются ключевыми элементами гидроэнергетических систем и имеют важное значение для обеспечения не только энергетических нужд, но и водоснабжения и промышленности. Однако, несмотря на все принимаемые меры для обеспечения их безопасности, аварийные ситуации все же могут возникать. Необходимо проведение анализа причин разрушений гидротехнических сооружений для предотвращения последствий стихийных бедствий, связанных с состоянием плотин [2].

Для того, чтобы полностью понять, какие меры необходимо предпринять, важно определить различные способы, которые могут привести к разрушению гидротехнического сооружения. Например, внезапный прорыв

воды через плотину, избыточные давления на структуру, коррозия бетонных конструкций, оползни и другие геологические процессы.

Помимо способов разрушения, также важно выявить главные факторы, которые влияют на состояние гидротехнического сооружения. Эти факторы могут включать в себя недостаточное укрепление берегов и фундамента, неправильную эксплуатацию, плохое качество материалов, природные и климатические условия, несоблюдение технического обслуживания и многие другие.

Важно иметь понимание о состоянии плотины, проводить регулярные обследования и мониторинг, а также использовать современные технологии для оценки ее безопасности. При обнаружении опасных признаков необходимо принять неотложные меры.

В случае, если плотина уже находится в критическом состоянии, нужно принять меры для предотвращения возможных стихийных бедствий. Это может включать в себя эвакуацию населения, установление систем предупреждения и контроля, усиление структур, проведение ремонтных работ и другие технические меры.

При прорыве плотины образуется волна прорыва, которая может иметь значительные размеры и скорость движения. Высота и скорость волны зависят от различных факторов, таких как размер протока, разница уровней воды и гидрологические условия реки. Скорость продвижения волны находится в пределах от 3 до 25 км/ч (для горных районов - около 100 км/ч). Высота волны прорыва колеблется от 2 до 12 м, а иногда и более. В целях безопасности необходимо принимать меры по предотвращению прорывов плотин и своевременному реагированию в случае возникновения такой ситуации. Это может включать в себя регулярное обследование и ремонт сооружений, строгое соблюдение процедур эксплуатации и усиление систем наблюдения и контроля [3].

17 августа 2009 года произошла значительная авария на Саяно-Шушенской ГЭС, расположенной между Красноярским краем и Хакасией. Непредвиденное разрушение гидроагрегата № 2 привело к внезапному проникновению большого объема воды через шахту гидроагрегата под высоким давлением. Потоки воды быстро затопили машинный зал и прилегающие помещения.

В результате происшествия все гидроагрегаты на электростанции были затоплены, а короткие замыкания на гидрогенераторах привели к их поломке. Сведя на нет нагрузку ГЭС, авария привела к полному отключению энергоснабжения, а также к потере связи, освещения и работы автоматических устройств и сигнализации. Несмотря на это, затворы других гидроагрегатов остались открытыми, и вода продолжала поступать на турбины через водоприемники. Это привело к разрушению гидроагрегатов № 7 и 9. Авария унесла жизни 75 человек, включая сотрудников электростанции, и нанесла значительный ущерб оборудованию и сооружениям станции.

19 октября 2019 года в Курагинском районе Красноярского края произошло разрушение дамбы технического водоема на золотодобывающем предприятии на реке Сейба.

По предварительным данным, из-за наводнения вахтового поселка, в нем находившегося рабочего персонала, погибло 15 человек, 14 были госпитализированы, а пятеро пропали без вести [4].

Гидротехнические системы (ГТС) являются сложными инженерными сооружениями, от которых зависит стабильное функционирование важных сфер жизнедеятельности общества. Состояние ГТС иногда трудно прогнозировать, что влечет за собой риск возникновения аварийных ситуаций. Можно выделить следующие причины аварий:

- гидрометеорологические факторы, которые иногда превышают допустимые границы. Непредвиденные осадки, сильные штормы и наводнения могут повлечь за собой переполнение водохранилища, что может привести к повреждению сооружений и возникновению аварий;

- недооценка и низкий уровень проведения геологической разведки в будущей котловине водохранилища и откосов является одной из основных причин возникновения аварий. Недостаточное понимание геологической структуры и свойств слоев грунта может привести к ошибочным решениям при проектировании и строительстве ГТС;

- низкий уровень специальных знаний о процессах, которые протекают в ГТС и котловинах водохранилищ также может стать причиной аварий. Без подробного понимания гидродинамических, гидрогеологических и других процессов в системе, возможна неправильная оценка рисков и необходимых мер безопасности;

- нарушения правил эксплуатации ГТС. Невыполнение инструкций по обслуживанию, недостаточный контроль за состоянием и работой сооружений, неправильное применение технологий могут привести к эксплуатационным нарушениям, которые в конечном итоге могут вызвать аварии.

Важно иметь понимание причин разрушения плотин, включающее способы разрушения и ключевые факторы, влияющие на их состояние.

Изучение гидрометеорологических факторов, проведение полной геологической разведки, повышение уровня специальных и научных знаний, а также соблюдение правил эксплуатации являются ключевыми мерами для предотвращения аварийных ситуаций в ГТС.

В результате проведения подобного анализа и принятия соответствующих мер, возможно обеспечить безопасность гидротехнических сооружений и минимизировать риски возникновения аварийных ситуаций, которые могут привести к большим человеческим потерям и значительному материальному ущербу.

Список использованных источников:

1. Гидротехнические сооружения. – URL: <https://www.prominf.ru/article/gidrotehnicheckie-sooruzheniya-ugrozy-i-mery-po-obespecheniyu-bezopasnosti> (дата обращения: 10.04.2024). – Текст: электронный.
2. Крутов Д.А. Гидротехнические сооружения: учебное пособие для вузов / Д.А. Крутов. – Москва : Издательство Юрайт, 2023. – 238 с. – URL: <https://urait.ru/bcode/519084> (дата обращения: 10.04.2024). – ISBN 978-5-534-12898-7. – Текст: электронный.
3. Нестеров М. В. Гидротехнические сооружения: учебник / М.В. Нестеров. – 2-е испр. и доп. – Москва : ООО «Научно-издательский центр ИНФРА-М», 2018. – 601 с. – ISBN 978-5-16-010306-8.
4. Чрезвычайные происшествия на ГЭС. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-avarij-na-gidrotehnicheckih-sooruzheniyah-i-metody-kontrolya-ih-bezopasnosti> (дата обращения: 10.04.2024). – Текст: электронный.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА

А.В. Лапин^{2а}, аспирант, В.В. Ларичкин², д.т.н., проф., Ф.К. Горбунов^{1,2}, к.т.н.

¹*Институт химии твердого тела и механохимии Сибирского отделения Российской академии наук
630128, г. Новосибирск, ул. Кутателадзе, 18*

²*Новосибирский государственный технический университет
630073, г. Новосибирск, пр-т К. Маркса, 20
E-mail: ^аlapinan96@yandex.ru*

Аннотация: Разработана рецептура получения строительных материалов на основе твердых техногенных отходов (отсев дробления гранитного щебня, бой огнеупорных кирпичей), минерального сырья (песок, супесь) и силикатного связующего. На основе физико-механических исследований образцов, изготовленных по разработанной авторами рецептуре, установлено, что композиционные материалы обладают требуемыми нормативными показателями прочности, водостойкости и нейтральным pH поровой жидкости.

Определено, что оптимальной температурой обработки, при которой наблюдаются наилучшие эксплуатационные свойства материалов, является 300...700 °С в зависимости от состава наполнителей.

Ключевые слова: Композиционный материал, отходы производства, шамот, стеклобой, отсев щебня, прочность при сжатии и изгибе, водостойкость, истираемость, pH поровой жидкости.

Abstract: A recipe for obtaining building materials based on solid technogenic waste (granite crushed granite rubble crushing sieve, refractory bricks), mineral raw materials (sand, sandy loam) and silicate binder has been developed. On the basis of physical and mechanical investigations of the samples made according to the formulation developed by the authors, it is established that the composite materials possess the required normative indicators of strength, water resistance and neutral pH of the pore fluid. It was determined that the optimum temperature of processing, at which the best performance properties of materials are observed, is 300–700 °C depending on the composition of fillers.

Keywords: Composite material, production waste, fireclay, glass fibre, crushed stone screening, compressive and flexural strength, water resistance, abrasion resistance, pore fluid pH.

В работе для получения образцов композиционных строительных материалов в качестве наполнителей использовали карьерный песок, супесь, шамот (бой шамотного огнеупора смоломagneзитового цеха ООО «ЗСМК» (г. Новокузнецк)), зернистость которых составляла < 0,14 мм. Также применяли полифракцию (0,14–7,0 мм) отхода дробления гранитного щебня (отсев) из карьера Борок (г. Новосибирск) с добавлением модифицирующих добавок – стеклобоя и корунда, размер зерен (d) которых составлял < 0,14 мм.

В качестве сырья для получения связующего компонента использовали раствор гидроксида натрия и диатомит Инзенского месторождения, предварительно обработанный при температуре 900 °С.

Методика получения связующего была описана в работе [1], а методика получения строительных материалов в работе [2].

Результаты полученных физико-механических показателей образцов на основе шамота, песка и супеси представлены в таблице 1.

Таблица 1

Физико-механические характеристики образцов на основе шамота, супеси и песка

№	Наполнитель	Температура обработки, °С	Время выдержки	Предел прочности, МПа		Коэффициент размягчения
				при сжатии	при изгибе	
1	Шамот	20	60 сут. с момента заливки	53,0	12,9	–
2		50	21 сут. с момента заливки	72,5	16,5	–
3		150	6 ч	58,3	8,1	0,70
4		300		91,2	8,2	0,72
5		700		95,9	12,2	0,75
6	Песок	20	60 сут. с момента заливки	50,0	14,5	–
7		50	21 сут. с момента заливки	68	15,3	–
8		150	6 ч	50,0		
9		300		57,0	8,9	0,69
		700		69,5	8,5	0,71
10	Супесь	300	6 ч	64,2	–	–
11		700		62,7	4,7	–

Анализ полученных данных показывает, что наибольшую прочность образцов и увеличение их водостойкости возможно достичь, применяя термообработку при повышенной температуре (300...700 °С). Изделия, твердеющие при низких температурах (20...50 °С), также обладают конструкционной прочностью, однако их применение предполагается в условиях пониженной влажности.

Для увеличения показателей прочности и достижения нейтрального рН поровой жидкости образцов на основе отсева гранитного щебня добавляли стеклобой в количестве 10 % от общей массы смеси и корунд в количестве 15 %.

Результаты полученных физико-механических показателей образцов на основе отсева, вследствие добавления стеклобоя и корунда, представлены в таблице 2.

Таблица 2

Физико-механические характеристики образцов с добавлением 10 % стеклобоя и 15 % корунда в зависимости от условий термообработки

№	Плотность, г/см ³	Предел прочности, МПа		рН	Водопоглощение, %	Температура обработки, °С	Коэффициент размягчения
		при изгибе	при сжатии				
1	2,33	8,5	38,0	12	2,8	50	0,67
2	2,26	3,1	31,4	12	4,4	200	0,75
3	2,27	2,7	45,1	11	4,9	300	0,70
4	2,26	4,1	35,3	10	5,1	400	0,78
5	2,25	4,3	45,1	8	4,7	500	0,80
6	2,01	5,1	53,0	7	6,5	600	0,80
7	1,73	7,9	23,5	7	7,1	700	0,96
8	1,67	7,5	23,5	8	10,0	800	0,95
9	1,79	6,0	31,4	8	8,3	900	0,75

Видно, что после введения стеклобоя и корунда наблюдается значительный рост прочностных характеристик относительно образцов, полученных в работе [3]. Например, образцы, обработанные при температуре 500...600 °С, стали обладать прочностью при сжатии – 45,1 и 53,0 МПа; при изгибе – 4,3 и 5,1 МПа, соответственно. Установлено, что при тех же условиях термообработки происходит повышение водостойкости образцов (коэффициент размягчения равен 0,80) и снижение щелочности рН их поровой жидкости.

На основании анализа полученных значений физико-механических показателей образцов, изготовленных по разработанной технологии, можно сделать вывод, что данные изделия не уступают характеристикам материалов, применяемых в современном строительстве (таблица 3).

Таблица 3

Сравнительные характеристики строительных изделий и образцов, изготовленных по разработанной технологии

Строительные изделия		Предел прочности, МПа		Истираемость, г/см ²
		при сжатии	при изгибе	
Кирпич силикатный М300 (ГОСТ 379-95)		30,0	4,0	–
Кирпич керамический рядовой М100-М300 (ГОСТ 530-2012)		10,0...30,0	2,2...4,4	–
Кирпич керамический клинкерный М300-М1000 (ГОСТ 530-2012)		30,0...100,0	4,4 и более	не более 1,5
Бетон М100-М300 (ГОСТ 26633-91)		9,6...28,9	-	–
Образцы, полученные в настоящей работе, имеющие в составе*	шамот	53,0...95,9	8,1...16,5	0,36
	супесь	62,7...64,2	4,7	0,50
	песок	50,0...69,5	8,5...15,3	0,15
	отсев щебня	23,5...53,0	2,7...8,5	–

*Образцы на силикатном вяжущем с модулем 2,0 после термообработки при 20...700 °С

Выводы:

1. В работе показано, что на основе природного и техногенного минерального сырья можно получать строительные материалы с широким спектром физико-механических характеристик.
2. Проведенные исследования дают основания для рекомендации использования разработанной рецептуры для создания изделий различного конструкционного назначения.
3. Включение в компонентный состав рецептуры вторичных материалов даёт кроме экономического эффекта (снижение себестоимости продукции), также экологический эффект, связанный с уменьшением образующихся объёмов техногенных отходов.

Список использованных источников:

1. Вяжущее из отходов динасового огнеупора / Л.К. Бердникова, А.В. Лапин, Ф.К. Горбунов, В.А. Полубояров // Химические технологии функциональных материалов: материалы V Международной Российско-Казахстанской научно-практической конференции, посвященной 85-летию Казахского национального университета им. аль-Фараби. – Новосибирск, 2019. – С. 81–82.
2. Использование техногенного сырья для получения строительных изделий конструкционного назначения / Л.К. Бердникова, В.А. Полубояров, З.А. Коротаева, [и др.] // Химические технологии функциональных материалов: материалы 6-ой международной Российско-Казахстанской научно-практической конференции. – Издательский дом «Қазақ университеті», 2020. – С. 32–36.
3. Лапин А.В. Получение строительных изделий из отходов дробления гранитного щебня / А.В. Лапин, Л.К. Бердникова, Ф.К. Горбунов // Наука. Технологии. Инновации: сб. науч. тр.: в 9 ч. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2020. – Ч. 9. – С. 191–194.

О ПРОВЕДЕНИИ ОЦЕНКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ

Л.Г. Деменкова, к. пед. н., ст. преп.

Юргинский технологический институт (филиал)

Национального исследовательского Томского политехнического университета

652055, г. Юрга, ул. Ленинградская, 26

E-mail: demenkova@tpu.ru

Аннотация: в статье систематизированы мероприятия по организации работы по охране труда для начинающих специалистов на основе анализа современных нормативных документов.

Ключевые слова: промышленное предприятие, охрана труда, система управления охраной труда, медицинские осмотры, профессиональные риски.

Abstract: the article systematizes occupational safety and health activities for novice specialists based on an analysis of modern regulatory documents.

Keywords: industrial enterprise, occupational safety, occupational safety management system, medical examinations, occupational risks.

В настоящее время разработано большое количество автоматизированных сервисов по проведению оценки профессиональных рисков, которые призваны помочь специалисту по охране труда, особенно в начале трудовой деятельности, при недостаточном опыте. Однако же пока специалист по охране труда не разберется в том, что такое оценка профессиональных рисков, как увидеть все опасности и идентифицировать их, посчитать уровень риска, будет очень сложно работать с каким-либо автоматизированным сервисом.

На наш взгляд, необходимо сначала погрузиться в процесс оценки профессиональных рисков, для чего сначала изучить нормативное обоснование оценки профессиональных рисков, ознакомиться с порядком её проведения, определиться, какие документы необходимо оформить и каково должно быть их содержание, а также как произвести расчёт уровня риска.

Оценка профессиональных рисков – это обязательный процесс, и если он в организации ещё не проведён, то возможна административная ответственность работодателя. В данный момент эта ответственность ужесточилась по сравнению с той, что была несколько лет назад, и составляет согласно ч.1 ст. 5.27.1 КоАП РФ:

- на должностных лиц от 2 тыс. до 5 тыс. руб.;
- на юридических лиц от 50 тыс. до 80 тыс. руб. [1].

Мы прекрасно понимаем, что происходящие в охране труда процессы (составление инструкций по охране труда, обеспечение работников СИЗ, обучение по охране труда) должны включать в себя оценку профессиональных рисков (ОПР), которая проведена в организации. Без этой информации те же инструкции не будут разработаны полноценно, в соответствии с требованиями Приказа Минтруда № 772н [2]. Поэтому здесь нужно понимать, что ОПР – базовый процесс, на котором сейчас строятся очень многие другие процессы в сфере управления охраной труда.

Нормативно-правовые акты, которые необходимо использовать, когда проводят оценку профессиональных рисков:

– во-первых, это статьи Трудового Кодекса РФ (ст. 209, 214, 218), которые говорят о том, что оценка профессиональных рисков должна быть проведена абсолютно в каждой организации, независимо от рода деятельности, количества работников и других факторов [3];

– основной подзаконный акт, который регулирует проведение ОПР, – это Приказ Минтруда РФ № 776н «Об утверждении Примерного положения о системе управления охраной труда». Этот документ полноценно не говорит, каков порядок проведения оценки профессиональных рисков, точно так же, как 426-ФЗ говорит, как проводить специальную оценку условий труда, последовательно раскрывая сущность и периодичность всех этапов. К сожалению, в оценке профессиональных рисков такого нет. Всю информацию приходится собирать из нормативно-правовых актов по крупицам. Данный Приказ обязателен для применения [4];

– Приказ Минтруда России № 36 «Об утверждении Рекомендаций по классификации, обнаружению, распознаванию и описанию опасностей» [5] и Приказ Роструда № 77 «Об утверждении Методических рекомендаций по проверке создания и обеспечения функционирования системы управления охраной труда» [6] носят рекомендательный характер, т. к. не зарегистрированы в Минюсте РФ, но пользоваться ими можно, т.к. основные направления и порядок оценки профессиональных рисков мы можем черпать именно из этих документов, которые позволят понимать как организовать данный процесс. Кроме того, Приказ Роструда № 77 использует Государственная инспекция труда (ГИТ) при проведении проверок.

Порядок проведения оценки профессиональных рисков согласно п. 5 Приказа Минтруда РФ № 776н включает в себя три этапа:

- выявление опасностей;
- оценка уровней профессиональных рисков;
- снижение уровней профессиональных рисков.

Как правило, многие организации останавливаются на первых двух этапах, считая, что оценка проведена, документы для проверяющих есть, работники ознакомлены. Но при проверке инспектор ГИТ будет проверять не только каким образом и насколько качественно проведена оценка профессиональных рисков, все ли опасности идентифицированы, правильно ли произведён расчёт уровня риска, но и проводятся ли мероприятия по контролю и снижению уровней риска регулярно. Это такое же систематическое мероприятие, как и в целом оценка профессиональных рисков, которая не имеет какой-либо периодичности, проводится регулярно, мероприятия выполняются и контролируются постоянно.

При проведении оценки профессиональных рисков в организации разрабатывают следующие локальные нормативные акты:

- приказ о создании комиссии по ОНР – это рекомендованный, но не обязательный документ. Однако многие процессы в сфере охраны труда опираются на работу комиссий (СОУТ, списание спецодежды и др), поэтому ОНР следует также организовывать комиссионно, а не возлагать на плечи одного сотрудника, в основном на специалиста по охране труда. В приказе указывают состав комиссии, периодичность пересмотра ОНР, срок ознакомления работников с результатами ОНР;

- к рекомендательным документам относятся также Положение по ОНР и методика оценки уровня риска, которые могут быть включены в приказ.

В этих документах прописывают процесс ОНР в конкретной организации (с чего начать, кто может войти в состав комиссии, как производят замену её членов при необходимости, какая периодичность осмотра, какие опасности будут зафиксированы в картах оценки профессионального риска. В Приложении к Приказу № 776н представлен перечень опасностей, однако работодатель имеет право сам прописывать их наименования;

- обязательным для образовательных учреждений является график ОНР;

- перечень идентифицированных и оцененных рисков, реестр опасностей организации – это обязательный документ на основе п.19 Приказа Минтруда РФ № 776н;

- также обязателен план мероприятий по управлению профессиональными рисками и улучшению условий труда согласно пп. «В» п.16 того же Приказа;

- карта оценки профессиональных рисков – необязательный документ, нельзя найти ни в одном нормативном акте обоснования того, что такие карты должны быть разработаны. Но карты очень удобны, т.к. формируются для конкретного рабочего места. Когда работник принимается на работу в организацию, работодатель знакомит его с оценёнными профессиональными рисками, для чего рекомендуется использовать разработанную карту оценки профессиональных рисков. Работник может увидеть, какие меры управления профессиональными рисками применяются на его рабочем месте;

- перечень мер по исключению, снижению или контролю уровней рисков. Это обязательный документ согласно п.18 Приказа Минтруда РФ № 776н. По данным опросов сотрудников служб охраны труда [7], инспектора ГИТ при проверках запрашивают сводную ведомость по оценке профессионального риска. Сводная ведомость является необязательным документом, хотя большинство автоматизированных сервисов позволяют его составить. Обосновать необходимость его представления можно только пунктом из нормативно-правовых актов. Если в организации есть профсоюз, то все документы должны согласовываться с профсоюзом.

Если ОНР в организации ранее не проводилась, следует начать этот процесс с составления приказа о создании комиссии по ОНР. Рекомендуется включить в неё нечетное количество человек из числа грамотных специалистов: представителей административно-управленческого персонала, главного инженера (при наличии такой должности), начальников структурных подразделений, специалистов метрологической службы, специалиста по охране труда, представителей профсоюза. Никаких нормативных требований к составу комиссии, обучению и подготовке членов комиссии, участвующих в процедуре ОНР, нет. Однако же неплохо, если члены комиссии пройдут обучение по охране труда в учебном центре либо повышение квалификации по программе ДПО «Охрана труда», будут понимать, что такое ОНР, управление профессиональными рисками, как организуется этот процесс, как идентифицировать опасности. В приказе стоит прописать дату окончания работ по ОНР, а также периодичность пересмотра материалов по ОНР и мер по управлению уровнями профессиональных рисков. Конечно, можно заключить договор со сторонней организацией по ОНР, однако же, на наш взгляд, каждый специалист по охране труда может самостоятельно организовать проведение данной процедуры. Требований к обязательной аккредитации сторонней организации, как при проведении СОУТ, нет. Нет необходимости также состоять в каком-либо реестре или иметь лицензию на проведение ОНР. Для больших организаций (1000 и более работников) ОНР можно организовать с использованием автоматизированных сервисов. Регламентированной частоты проведения ОНР нет, она проводится по необходимости в зависимости от того, меняются ли условия труда в организации, должностные обязанности, наименования рабочих мест и др.

График идентификации опасностей и ОНР обязателен для бюджетных организаций как приложение к приказу. Такой график удобен в использовании и желателен для любой организации. При проверке ГИТ этот график может быть представлен и позволит инспектору определить полноту проведения ОНР, все ли опасности

идентифицированы, уровни профессиональных рисков и точность их определения, предпринятые меры по управлению профессиональным риском по каждой опасности и их фактическую реальность.

После этого (или параллельно составлению приказа) разрабатывают положение по ОНР. Этот документ не является обязательным, но так или иначе встречается информация в п.1, п.46 Приказа Минтруда № 776н о необходимости наличия ЛНА либо раздела в положении о СУОТ организации, в котором описаны методы оценки уровня риска. Определённых требований к этому документу нет, но примерное содержание составляют следующие вопросы:

- алгоритм проведения ОНР;
- термины и определения, т. к. члены комиссии по проведению ОНР не всегда могут понимать, что означает тот или иной термин;
- область применения и цели процедуры;
- выбранный метод оценки, расчётные формулы (при необходимости);
- разграничение обязанностей лиц, проводящих процедуру;
- образцы документов, которые получатся в итоге. Необходимо понимать, что большей частью это необязательные документы, не имеющие строгой регламентации.

Следующие действия касаются выбора методики оценки профессиональных рисков. На основании анализа литературных источников предлагается использование матричного метода, который является наиболее простым, универсальным для различных организаций [7]. Работодатель имеет полное право выбрать метод оценки ОНР самостоятельно, руководствуясь положениями п. 22-23 Приказа Минтруда № 776н, рекомендациями п.10.2 Приказа Роструда № 77 (рис. 1).

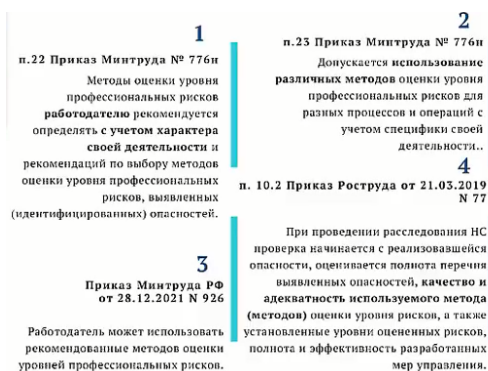


Рис. 1. Основания для выбора метода оценки профессиональных рисков

При этом можно опираться на рекомендованные методы, приведённые в Приказе Минтруда № 926, а также использовать и другие, т.к. Приказ не зарегистрирован в Минюсте РФ и имеет рекомендательный характер. Можно использовать авторские методики, а также методики, разработанные в различных организациях. Также работодатель имеет право использовать различные методы оценки уровня профессионального риска, особенно для крупных предприятий с разными видами деятельности: для транспортного цеха может быть использован один метод, для сталелитейного – другой и т. д. Если в ранее проведенной ОНР использован один метод (например, Файна-Кинни), то в следующий раз можно использовать другой (Элмери, матричный и др.).

Следует обратить внимание, что при расследовании несчастного случая, произошедшего в организации, будет проверена полнота выявления опасностей. Например, бухгалтер организации выезжает на инвентаризацию в филиал, который относится к опасным производственным объектам (ОПО). Необходимо учесть, что путь до филиала также является источником опасности, бухгалтер может попасть в ДТП, а также получить травму при нахождении на ОПО. Неважно, насколько часто возникают эти опасности, они должны быть идентифицированы, а работник ознакомлен с наличием этих опасностей на данном рабочем месте.

Приказом Минтруда № 926 рекомендованы следующие методы ОНР: матричный, матричный с применением балльной оценки, метод контрольных листов, анализ причинно-следственных связей, «галстук-бабочка», HAZOP, Swift и др.

После составления необходимых документов приступают к процедуре ОНР, разбивая её на следующие этапы:

- 1) сбор исходных данных;
- 2) идентификация опасностей;
- 3) оценка уровней профессиональных рисков;
- 4) разработка мер управления профессиональными рисками.

На этапе сбора исходных данных следует изучить штатное расписание, собрать по подразделениям графики работы, сменность, проанализировать нормативно-правовую документацию по конкретной сфере

деятельности, результаты СОУТ по организации в целом и по конкретному подразделению, если имеются – акты расследования произошедших несчастных случаев и профессиональных заболеваний, перечни используемого оборудования с инструкциями по их применению и паспортами, выслушать жалобы и предложения работников, изучить их рабочие места. При наличии предписаний надзорных органов необходимо их также рассмотреть. Выходить на осмотр рабочих мест удобнее всего с анкетой, опросным листом, чек-листом. Примерные перечни вопросов можно взять из приложений 1–8 к Приказу Минтруда РФ № 926 и приложений 4–5 к Приказу Минтруда РФ № 36.

Идентифицированные опасности размещают в реестре, исходя из приоритета минимизации уровня профессионального риска.

В перечне указывают название опасности, количество рабочих мест, подвергающихся данной опасности, дают качественную характеристику уровня риска (низкий, средний, высокий), а также приводят его интегральную оценку. Информация об опасностях в картах оценки профессионального риска должна быть доведена до работников. Срок ознакомления нормативно не закреплён, поэтому в литературе рекомендуется использовать срок в 1 мес., аналогично ознакомлению с результатами СОУТ. Сроки и порядок доведения информации до работников следует прописать в положении или приказе. Карты ОПР не должны совпадать с количеством рабочих мест, опасности могут отличаться в зависимости от функционала работников, занимающих одну и ту же должность. Например, водители транспортного цеха могут работать на грузовых автомобилях, легковых, спецтехнике и др. В зависимости от этого карты опасности будут отличаться.

При расчёте уровня риска матричным методом учитывают описание и возможность появления последствий – от незначительной до экстремальной. После того, как сделан вывод об уровне риска, прописываются меры управления, перечень которых содержит название опасности, мероприятия по снижению уровня риска, их периодичность и информацию об ответственном за их реализацию. В зависимости от уровня профессионального риска мероприятия могут иметь различный характер. При необходимости следует разработать план мероприятий по снижению уровня риска с указанием дедлайнов по каждому пункту, затрачиваемых средств и источников финансирования, отметки об исполнении пункта плана.

Оценка профессионального риска должна проводиться регулярно при улучшении, изменении или ухудшении условий труда, появлении нового оборудования, регистрации несчастных случаев, обусловленных невыявленными опасностями. Если изменений не произошло, то комиссия на своём заседании составляет акт в свободной форме, прикладывая его к документам по ОПР. В акте прописывают, что меры по управлению профессиональными рисками, разработанные ранее, выполняются в установленные сроки, дополнительных мер не требуется. Рекомендуется проводить такую работу не реже раза в год.

Учитывая, что ряд документов, которые следует составить при оценке профессиональных рисков, пока ещё не имеет регламентированных форм, следует ожидать появления новых НПА в сфере охраны труда. Надеемся, что при их составлении будет обобщён и использован опыт специалистов по охране труда организаций, участвовавших в этом процессе.

Список использованных источников:

1. Кодекс об административных правонарушениях. – URL: <https://base.garant.ru/12125267/> (дата обращения 10.04.2024). – Доступ из справ.-прав. системы Гарант. – Текст: электронный.
2. Приказ Минтруда РФ № 772н. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_156555/ (дата обращения 10.04.2024). – Доступ из справ.-прав. системы КонсультантПлюс. – Текст: электронный.
3. Трудовой Кодекс. – URL: <https://base.garant.ru/12125268/> (дата обращения 10.04.2024). – Доступ из справ.-прав. системы Гарант. – Текст: электронный.
4. Приказ Минтруда РФ № 776н «Об утверждении Примерного положения о системе управления охраной труда» от 29.10.2021. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_403335/ (дата обращения 12.04.2024 г.). – Доступ из справ.-прав. системы КонсультантПлюс. – Текст: электронный.
5. Приказ Минтруда России № 36 «Об утверждении Рекомендаций по классификации, обнаружению, распознаванию и описанию опасностей». – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_408713/ (дата обращения 12.04.2024). – Доступ из справ.-прав. системы КонсультантПлюс. – Текст: электронный.
6. Приказ Роструда № 77 Об утверждении Методических рекомендаций по проверке создания и обеспечения функционирования системы управления охраной труда». – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_322223/ (дата обращения 10.04.2024). – Доступ из справ.-прав. системы КонсультантПлюс. – Текст: электронный.
7. Тарасов А.Д. Оценка профессиональных рисков / А.Д. Тарасов, З.Н. Монахова // Вестник науки. – 2023. – № 1 (58). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-professionalnyh-riskov> (дата обращения: 11.04.2024). – Текст: электронный.

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ ОЧИСТКИ ГАЗОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ФЕРРОСИЛИЦИЯ

Е.П. Теслева^а, к. ф.- м. н., доц., А.В. Красова, студ.
Юргинский технологический институт (филиал)

Национального исследовательского Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26
E-mail: ^аtesleva@mail.ru

Аннотация: рассматриваются современные системы очистки газов в производстве ферросилиция.

Ключевые слова: производство ферросилиция, система очистки газов.

Abstract: Modern gas purification systems in ferroalloy production are considered.

Keyword: production of ferroalloys, gas purification system.

Сплавы железа с кремнием, марганцем, хромом, титаном и другими элементами называются ферросплавами. Они используются в технологическом процессе производства сталей для раскисления и легирования, что приводит к улучшению физико-химических и механических свойств последних. Одним из видов ферросплавов является ферросилиций – сплав железа с кремнием, использующийся для производства жаро- и коррозионно-стойких марок сталей, электрохимической, рессорно-пружинной стали, а также для получения отливок из чугуна с заданным содержанием кремния [1–4].

В процессе выплавки ферросилиция образуются печные газы, которые содержат монооксиды кремния, углерод, железо и другие примеси. Выделяющийся из печи газ обладает сильными отравляющими свойствами вследствие высокого содержания в нём оксида углерода СО. Неочищенные газы приводят к загрязнению рабочего пространства и окружающей среды, что может привести к серьезным заболеваниям легких (силикозы, рак, аллергия и пр.). Поэтому печные газы удаляются из рабочего пространства печи при помощи дымососов для дальнейшей очистки. Газы по газоходам поступают в фильтровальные камеры, где происходит их очистка от примесей, а чистый воздух выводится через трубу в атмосферу.

При производстве ферросплавов используется три основных метода очистки газа (рис. 1).



Рис. 1. Классификация методов очистки газов

Электрическая очистка

В основе *электрической очистки* лежит ионизация молекул газа под воздействием электрического коронного разряда. Постоянный электрический ток высокого напряжения формирует электрическое поле, в которое подается очищаемый газ. Частицы газа в поле теряют и приобретают электроны. В результате этого образуются отрицательно и положительно заряженные ионы, которые, под действием электростатических сил, начинают перемещаться в противоположных направлениях в электрическом поле, осаждаясь на электродах [5].

Преимущества: газ подвергающийся очистке может достигать больших температур, а также может иметь в своем составе химически агрессивные примеси; данный метод очистки может быть максимально автоматизирован; высокая чистота очистки газа (95–99,9 %).

Недостатки: дополнительный расход электроэнергии; сложность и высокая стоимость аппаратов [5].

Мокрая очистка

Если допустимо увлажнение и охлаждение очищаемого газа, то можно использовать метод мокрой очистки. Этот способ основан на контакте газа с жидкостью, обычно водой. Аппараты, в которых происходит очистка, называются скрубберами. В полых скрубберах и скрубберах Вентури контакт между газом и жидкостью осуществляется через поверхность капель жидкости, в насадочных и центробежных скрубберах – через движущуюся жидкую пленку, а в барботажных пылеуловителях – через поверхность пузырьков газа. Для улучшения смачиваемости и степени очистки, в промывную жидкость добавляют поверхностно-активные вещества (ПАВ) [5].

Преимущества: конструкция аппарата мокрой очистки проще, в связи с тем, что практически отсутствуют механически движущиеся элементы. Транспортировка шлама достаточно проста и не требует дополнительной защиты от образования вторичных аэрозолей.

Недостатки: в отличие от других методов очистки мокрая очистка в качестве основного элемента очистки использует воду в больших количествах. Отработанная вода требует дополнительной очистки. Выбросы после мокрой очистки являются холодными и влажными, что ухудшает условия их рассеивания. В выбросах также присутствуют коррозионно-активные вещества, чьи агрессивные свойства усиливаются в присутствии влаги. Утилизация уловленного продукта требует создания сложных технологических систем, кроме того, возникает проблема с утилизацией шлама, пульпы или растворов [6].

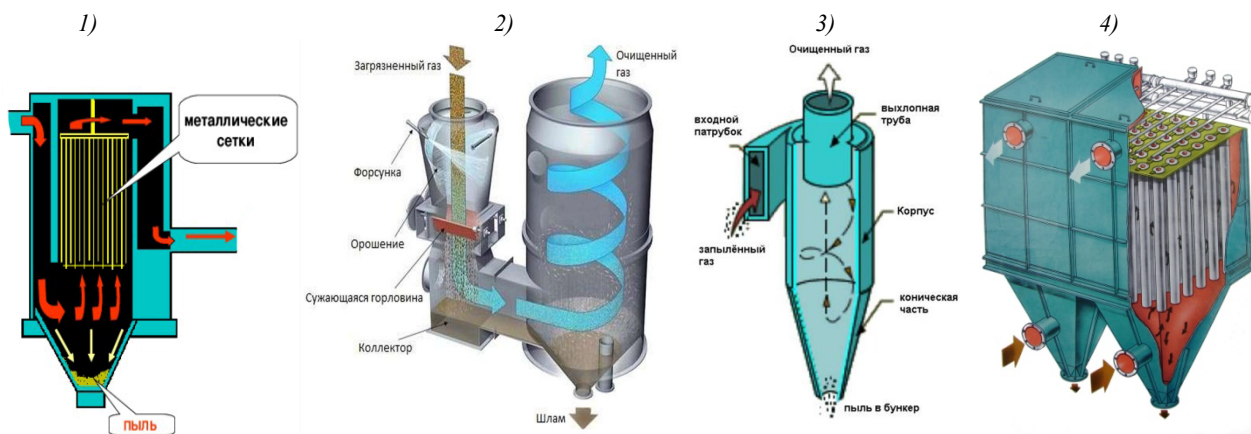


Рис. 2. Устройство электрофильтра (1), скруббера (2), циклона (3) и рукавного фильтра (4)

Сухая очистка

Гравитационное осаждение основано на действии силы тяжести. В результате самопроизвольное осаждение взвешенных частиц происходит без изменения направления воздушного потока. Этот процесс очистки воздуха происходит в газоходах-отстойниках и камерах пылеудаления [6].

Инерционное осаждение основано на действии центробежных сил на взвешенные частицы, которые стремятся сохранить первоначальное направление движения при изменении направления основного газового потока. На этом принципе работают решетчатые пылеуловители с многочисленными щелями.

Гравитационное и инерционное осаждение чаще всего используется в качестве предварительной очистки от крупных частиц.

Метод фильтрации основан на очистке газа от примесей с использованием различных фильтровальных материалов, таких как хлопок, шерсть, химические волокна, металлокерамика и другие. Самыми распространенными аппаратами являются рукавный и керамический фильтры, которые работают с любой степенью запыленности и обладают высокой производительностью, способны очищать воздух от загрязнений до 99,9 %.

Преимущества данного метода включают в себя простую конструкцию оборудования, сохранение состава и свойств пылевых частиц после очистки, отсутствие образования шлама и, как следствие, необходимости его утилизации.

Однако существуют и **недостатки**, такие как большие размеры оборудования, абразивный износ и высокая стоимость фильтров.

Таким образом, при производстве ферросилиция оптимальным методом очистки печных газов является сухой метод. В результате сухой очистки образуется побочная товарная продукция – микрокремнезем, являющаяся добавкой к строительным бетонам и другим сухим строительным смесям.

Список использованных источников:

1. Воскобойников В.Г. Общая металлургия : учебник для вузов / В.Г. Воскобойников, В.А. Кудрин, А.М. Якушева. – 6-е изд., перераб и доп. – М. : ИКЦ «Академкнига», 2002. – 768 с. – 253 с. : ил.
2. Зубов В.Л. Электрометаллургия ферросилиция / В.Л. Зубов, М.И. Гасик – Днепропетровск : Системные технологии, 2002. – 704 с.
3. Теслев С.А. Использование железорудных неофлюсованных окатышей при производстве ферросилиция / С.А. Теслев, Е.П. Теслева // Инновационные технологии и экономика в машиностроении : сборник трудов VI Международной научно-практической конференции. – Томск : ТПУ, 2015 – С. 155–158.
4. Кожевникова К.В. Переработка шлака при производстве ферросилиция / К.В. Кожевникова, Е.П. Теслева // Научные исследования XXI века. – 2023. – № 1. – С. 45–49.
5. Разинов А.И. Процессы и аппараты химической технологии / А.И. Разинов, А.В. Клинов, Г.С. Дьяконов. – URL: <https://studfile.net/preview/2036692/page:9/> (дата обращения: 10.04.2024). – Текст: электронный.
6. Сухие методы очистки: сферы применения, виды, преимущества и недостатки – URL: <https://fakelf.ru/blog/13-02-20> (дата обращения: 10.04.2024). – Текст: электронный.

СОРБЦИОННАЯ ОЧИСТКА ВОДНЫХ СРЕД, СОДЕРЖАЩИХ ИОНЫ Cd^{2+} И Pb^{2+}

*П.Н. Максимов^a, аспирант, Н.А. Калинина, аспирант, Д.В. Мартемьянов, инженер
Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: ^apnm1@tpu.ru*

Аннотация: Использовался сорбент для очистки воды от тяжёлых металлов. Велось извлечение ионов Cd^{2+} и Pb^{2+} из модельного раствора.

Ключевые слова: Тяжёлые металлы, очистка воды, ионы кадмия, сорбент, ионы свинца, инверсионная вольтамперометрия.

Abstract: A sorbent was used to purify water from heavy metals. Extraction of Cd^{2+} and Pb^{2+} ions from the model solution was carried out.

Keyword: Heavy metals, water purification, cadmium ions, sorbent, lead ions, inversion voltammetry.

Среди химических загрязнителей, находящихся в воде, тяжёлые металлы представляют повышенную опасность [1, 2]. Они могут накапливаться в организме человека, тем самым, со временем отравляя его. Кадмий нарушает деятельность почек и искривляет кости. Медь может разрушить костную систему и спровоцировать анемию. Цинк может вызвать онкологию. Ртуть влияет на память и речь, а также вызывает головные боли. Кобальт образует недостаточное количество витамина В в организме. Негативное давление тяжёлых металлов на организм человека, может разделяться на следующие этапы:

- канцерогенное, которое может привести к онкологии;
- тератогенное, дезорганизовывает развитие;
- мутагенное, влечёт разрушение ДНК;
- нейротоксичное, вызывает негативное воздействие на структуру центральной и периферической нервной системы;
- эндокринное, пагубно влияет на действие гормонов.

Накапливаясь в организме человека, тяжёлые металлы практически не выводятся из него, что в последствии приводит помимо перечисленных факторов, к мутациям.

Для нивелирования таких последствий, надо потреблять в питьевых целях только воду, очищенную до соответствующих норм. Одними из самых опасных тяжёлых металлов, выступают ионы свинца и ионы кадмия. Из различных методов удаления ионов тяжёлых металлов из водной среды, имеется целесообразность отметить сорбционный способ очистки [3–8]. Данная технология проста в использовании, эффективна, применима в разных условиях и имеет низкую себестоимость [9].

В работе будут рассмотрены два модифицированных сорбционных материала на основе магнетита и на основе горелой породы (розового песка).

Исследовались два фракционных состава сорбента: 0,1–0,5 мм и 1,2–3 мм. Методом БЭТ изучали у представленных объектов удельный объём пор и удельную поверхность. В режиме статике велись сорбционные эксперименты, с применением магнитной мешалки. Продолжительность взаимодействия изучаемых объектов и модельного раствора было выбрано от 1 до 60 минут. Присутствие ионов Cd^{2+} и Pb^{2+} в приготовленных водных средах были: кадмий – 10,1 мг/дм³; свинец – 10,26 мг/дм³. С использованием дистиллированной воды и государственных стандартных образцов (ГСО) кадмия и свинца получали растворы для сорбционного тестирования образцов. Метод анализа загрязняющих элементов в водной среде – инверсионная вольтамперометрия (прибор-анализатор ТА-07).

Таблица 1

Размер удельного объёма пор и удельной поверхности у объектов исследования на базе магнетита и горелой породы с всевозможным размером фракций

Образец	Размер гранул, мм	Удельная поверхность, м ² /г	Удельный объём пор, см ³ /г
На магнетите	0,1–0,5	4,77	0,001
	1,2–3	1,326	0
На горелой породе	0,1–0,5	18,41	0,008
	1,2–3	10,83	0,005

Из таблицы видно, что большие изучаемые значения показаны у сорбционного материала на основе горелой породы. У сорбента на основе магнетита на порядок меньше удельная поверхность и удельный объём пор. Образцы с меньшим фракционным составом (0,1–0,5), обладают повышенными исследуемыми характеристиками.

Определение эффективности сорбционных значений материалов, при удалении ими из смоделированных сред ионов Cd²⁺, приведены на рисунке 1. Нумерация материалов была следующей: 1 – сорбент на основе магнетита (0,1–0,5 мм); 2 – сорбент на основе магнетита (1,2–3 мм); 3 – сорбент на основе горелой породы (0,1–0,5 мм); 4 – сорбент на основе горелой породы (1,2–3 мм).

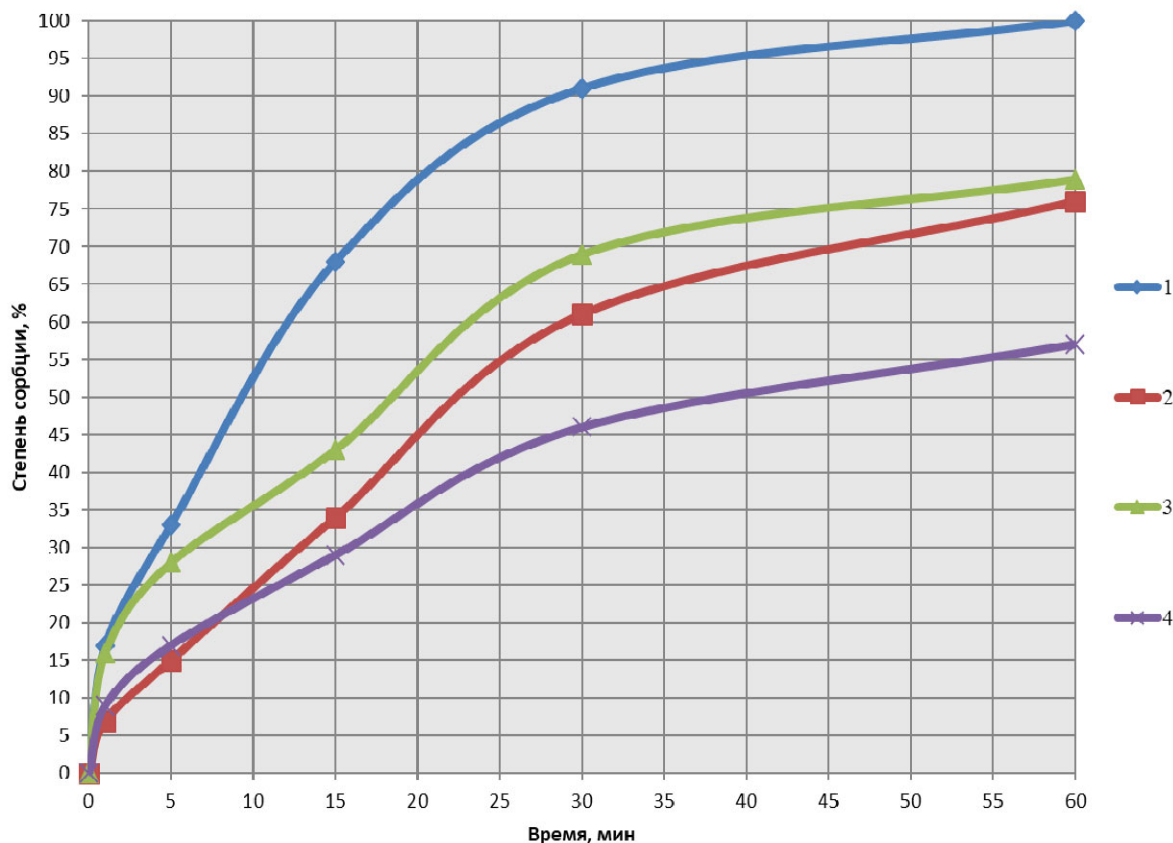


Рис. 1. Удаление ионов Cd²⁺ из смоделированных сред в статическом режиме

Из рисунка 1 изображено, что особо высокие значения у образца на основе магнетита, с размером частиц 0,1–0,5 мм. Тот же сорбент, но с фракцией 1,2–3 мм, показывает значительно более низкие свойства.

У сорбента на базе горелой породы, изучаемые характеристики гораздо ниже, чем у предыдущего материала. Также, видна зависимость степени очистки раствора, от фракционного состава материала.

Свойства по сорбции у объектов, при удалении ими из смоделированной среды ионов Pb²⁺, приведены на рисунке 2.

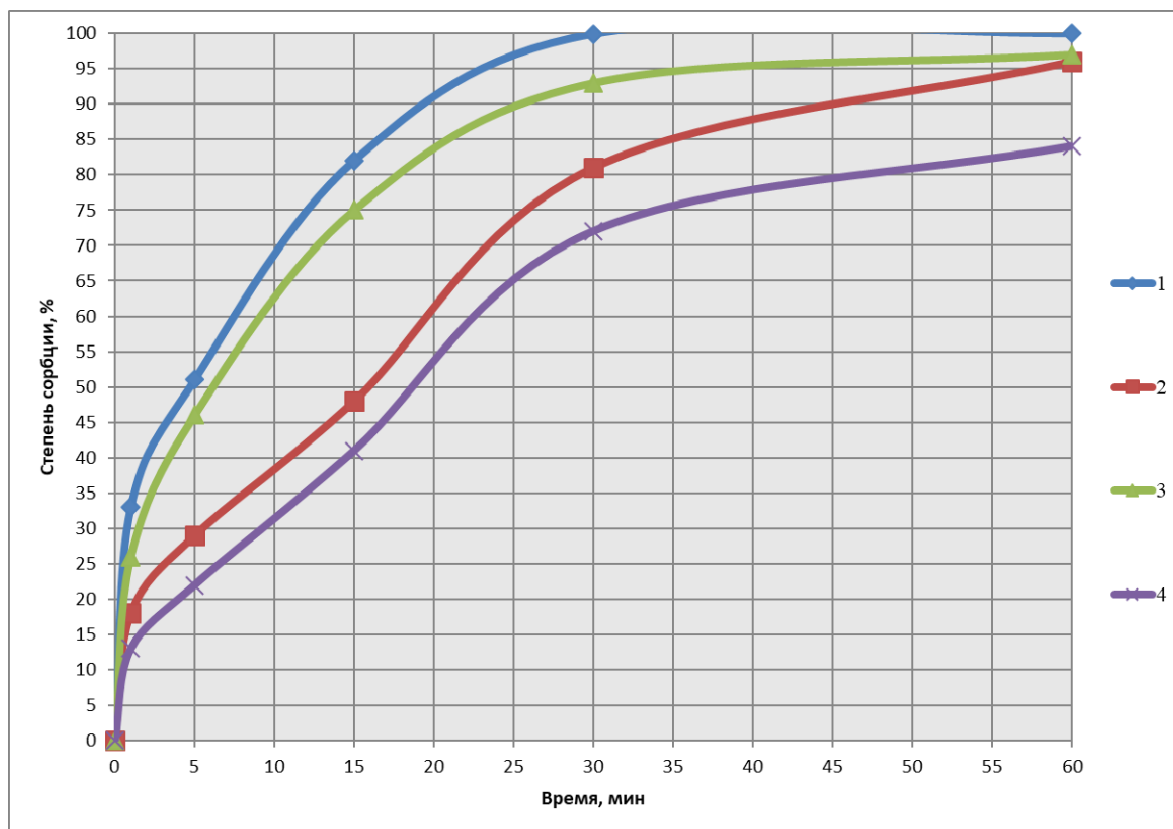


Рис. 2. Извлечение ионов Pb^{2+} из модельного раствора в процессе статической сорбции

На рисунке 2 наблюдается корреляция размера частиц материала, и его водоочистных свойств. С увеличением размера частиц сорбента, сорбционные свойства снижаются. Видна хорошая сорбционная способность обоих материалов, но образец на основе магнетита имеет лучшие свойства.

Список использованных источников:

1. Мазур И.И. Инженерная экология: общий курс: справочное пособие / И.И. Мазур, О.И. Молдаванов, В.Н. Шишов. – М. : Высш. школа, 1996. – 637 с.
2. Мартемьянов Д.В. Определение сорбционных характеристик различных минералов при извлечении ионов As^{5+} , Cr^{6+} , Ni^{2+} из водных сред / Д.В. Мартемьянов, А.И. Галанов, Т.А. Юрмазова // *Фундаментальные исследования*. – 2013. – № 8 (часть 3). – С. 666–670.
3. Использование природного глауконита для очистки воды из реки Ушайка / П.Б. Бухарева, Д.В. Мартемьянов, О.Б. Назаренко, И.В. Мартемьянова // *Энергетика : Эффективность, надежность, безопасность : материалы XXI всероссийской научно-технической конференции*. – Томск, 2015. – Т. 2. – С. 113–116.
4. Исследование сорбционных свойств синтетического адсорбента в процессах водоочистки / В.В. Зарубин, Д.В. Мартемьянов, И.В. Мартемьянова, А.В. Рыков // *Энергетика : Эффективность, надежность, безопасность : материалы XXI всероссийской научно-технической конференции*. – Томск, 2015. – Т. 2. – С. 187–189.
5. Мартемьянов Д.В. Исследование свойств сорбента глауконит гранулированный / Д.В. Мартемьянов, Д.Н. Мухортов, Ф.Е. Сапрыкин // *Инновационные процессы в научной среде : сборник статей Международной научно-практической конференции*. – Уфа, 2015. – С. 31–33.
6. Смирнов А.Д. Сорбционная очистка воды / А.Д. Смирнов. – Л. : Химия, 1982. – 168 с.
7. Исследование свойств наноструктурного адсорбента / И.В. Мартемьянова, А.Ю. Мосолков, Е.В. Плотников [и др.] // *Мир науки*. – 2015. – Выпуск 2. – С. 1–10.
8. Мартемьянова И.В. Изучение свойств модифицированного сорбента на основе глауконита при извлечении ионов Fe^{3+} и Pb^{2+} из модельных растворов / И.В. Мартемьянова, Е.А. Денисенко, Д.В. Мартемьянов // *Сборник статей Международной научно-практической конференции Теоретические и практические аспекты развития научной мысли в современном мире*. – Уфа. – С. 15–17.

ИЗУЧЕНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПРИРОДНОГО ЦЕОЛИТА СОКИРНИЦКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

*П.Н. Максимов^а, аспирант, М.А. Рудмин, к.г.-м.н., доц., Д.В. Мартемьянов, инженер
Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: ^аpnm1@tpu.ru*

Аннотация: Использование природного цеолита в процессах водоочистки. Изучение удельной поверхности и удельного объема пор минерала. Определение гидродинамических свойств цеолита Сокирницкого месторождения.

Ключевые слова: Природный цеолит, очистка воды, гидродинамические свойства, Сокирницкое месторождение, удельная поверхность, фильтровальный модуль, водопроводная вода.

Abstract: The use of natural zeolite in water purification processes. The study of the specific surface area and specific pore volume of the mineral. Determination of hydrodynamic properties of zeolite from the Sokirnitsky deposit.

Keyword: Natural zeolite, water purification, hydrodynamic properties, Sokyrnitskoye deposit, specific surface area, filter module, tap water.

В современном обществе, антропогенное влияние человека на природу приобретает всё большие масштабы [1]. Гидросфера является одной из наиболее уязвимых природных составляющих и требует более бережного к себе отношения. Не более 1 процента воды, из поверхностных источников в России, можно использовать в питьевых целях, без предварительной очистки. Потребление не очищенной воды, содержащей различные примеси, может отрицательно сказаться на здоровье человека и на его жизни. Поэтому для обеспечения безопасной жизнедеятельности человека, перед использованием, необходимо очищать природную воду [2–4].

В практической водоочистке применяют различные методы и подходы для придания загрязнённой воде требуемых характеристик. Широкое распространение в процессах водоочистки имеют сорбционные технологии [5]. Они просты в использовании и имеют высокую эффективность при очистке воды. Среди используемых сорбционных материалов, находят применение такие виды как: минеральные, растительные, синтетические, модифицированные, наноструктурные, комбинированные, из отходов производства и т. д. [6–8]. Широкое использование в процессах очистки воды, получило применение минеральных сорбентов, таких как: шунгиты, цеолиты, горелые породы, кварцевый песок, гематиты, кремний и многие другие. В результате этого, является необходимой задачей всестороннее исследование минералов, для дальнейшего использования в водоочистке.

В представленной работе объектом исследования выступает природный цеолит Сокирницкого месторождения (Закарпатская область, Украина). Изучались образцы данного минерала с различными гранулометрическими составами: 0,5–1 мм, 1–1,5 мм, 1,5–2,5 мм и 2,5–4 мм. Проводили исследование на определение величины удельной поверхности и удельного объема пор, с использованием метода БЭТ. Также осуществлялось изучение гидродинамических свойств этих материалов. Для этого брался фильтровальный модуль из нержавеющей стали, и наполовину заполнялся исследуемым материалом. Высота модуля составляла 200 мм (заполнялся цеолитом на 100 мм), диаметр – 100 мм. Свободная половина используемого модуля заполнялась водопроводной водой, и по мере её убывания, производилась дополнительная доливка. Масса цеолита различных фракций (помещённых в фильтровальный модуль) варьировалась от 625 г до 689 г, в зависимости от насыпной плотности.

Таблица 1

Данные по удельной поверхности и удельному объёму пор у цеолита Сокирницкого месторождения с разным гранулометрическим составом

Размер гранул, мм	Удельная поверхность, м ² /г	Удельный объём пор, см ³ /г
0,5–1	21,2	0,009
1–1,5	19,39	0,008
1,5–2,5	17,43	0,007
2,5–4	12,67	0,005

Из представленных данных видно, что цеолит Сокирницкого месторождения обладает хорошей удельной поверхностью. С увеличением гранулометрического состава образца, наблюдается снижение изучаемых характеристик.

Таблица 2

Гидродинамические характеристики цеолита Сокирницкого месторождения с разным гранулометрическим составом

Размер гранул, мм	Пропущенный объём, дм ³	Производительность, дм ³ /час
0,5–1	1	26
	50	17
	100	14
	150	11
	200	9
1–1,5	1	92
	50	72
	100	68
	150	61
	200	54
1,5–2,5	1	128
	50	122
	100	117
	150	115
	200	101
2,5–4	1	238
	50	235
	100	229
	150	224
	200	221

Из показателей, представленных в таблице 2 видно, что исследуемый Сокирницкий цеолит разных фракций, имеет хорошую гидродинамическую проницаемость, которая со временем проведения процесса снижается. Самая высокая производительность фильтруемой водопроводной воды наблюдается у фракции 2,5–4 мм. С уменьшением гранулометрического состава цеолита, производительность по фильтрации падает. Чем выше гранулометрический состав исследуемого цеолита, тем меньше происходит снижение производительности фильтруемой водопроводной воды. Это можно объяснить меньшим уплотнением материала и большим межзерновым пространством, по которому идёт водная среда.

Работа выполнена при финансовой поддержке FSWW-2023-0010.

Список использованных источников:

1. Мазур И.И., Инженерная экология. Общий курс. Справочное пособие / И.И. Мазур, О.И. Молдаванов, В.Н. Шишов – М. : Высш. школа, 1996. – 637 с.
2. Фрог Б.Н. Водоподготовка / Б.Н. Фрог, А.П. Левченко. – М. : МГУ, 1996. – 680 с.
3. Телитченко М.М. Введение в проблемы биохимической экологии: Биотехнология, сельское хозяйство, охрана среды / М.М. Телитченко, С.А. Остроумов. – М. : Наука, 1990. – 285 с.
4. Клячков В.А. Очистка природных вод / В.А. Клячкова, И.Э. Апельцина. – М. : Стройиздат, 1971. – 579 с.
5. Смирнов А.Д. Сорбционная очистка воды / А.Д. Смирнов. – Л. : Химия, 1982. – 168 с.
6. Мартемьянов Д.В. Определение сорбционных характеристик различных минералов при извлечении ионов As⁵⁺, Cr⁶⁺, Ni²⁺ из водных сред / Д.В. Мартемьянов, А.И. Галанов, Т.А. Юрмазова // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 8 (часть 3). – С. 666–670.
7. Использование природного глауконита для очистки воды из реки Ушайка / П.Б. Бухарева, Д.В. Мартемьянов, О.Б. Назаренко, И.В. Мартемьянова // Энергетика: Эффективность, надежность, безопасность : материалы XXI всероссийской научно-технической конференции. – Томск, 2015. – 2 Т. – С. 113–116.
8. Исследование сорбционных свойств синтетического адсорбента в процессах водоочистки / В.В. Зарубин, Д.В. Мартемьянов, И.В. Мартемьянова, А.В. Рыков // Энергетика: Эффективность, надежность, безопасность : материалы XXI всероссийской научно-технической конференции. – Томск, 2015. – 2 Т. – С. 187–189.

ИЗМЕНЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД ТОМСКОГО РАЙОНА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВРЕМЕНИ ГОДА

*Н.А. Калинина^а, аспирант, Т.Х. Чан, аспирант, Д.В. Мартемьянов, инженер
Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: nak58@tpu.ru*

Аннотация: Использование подземной воды для питьевого использования. Проведение анализа воды на содержание железа, марганца и солей жёсткости.

Ключевые слова: Подземная вода, очистка воды, ионы железа, соли жёсткости, ионы марганца.

Abstract: The use of underground water for drinking use. Carrying out water analysis for the content of iron, manganese and hardness salts.

Keyword: Underground water, water purification, iron ions, hardness salts, manganese ions.

В наши дни, становится всё меньше поверхностных вод не подверженных антропогенному влиянию человека [1]. Использование в питьевых целях данной воды становится всё более сложной задачей, и требует применения различных методов водоочистки, перед подачей её потребителю [2–4]. Так как в подобной водной среде содержится целый набор разнообразных загрязнителей, проблема становится на порядок более сложной. Поэтому альтернативным решением, в этом случае, может стать применение подземной воды из скважин, которая по многим показателям является более чистой, чем поверхностная водная среда [5]. Во многих регионах нашей страны, в связи с увеличением загрязнённости поверхностных вод, поставщики питьевой воды так и поступают. В других регионах нашей планеты, имеются такие же проблемы (и даже большие), поэтому потребители предпочитают использовать воду из-под земли.

При использовании подземной воды в питьевых целях, человек сталкивается с рядом сложностей, которые необходимо решить. Одной из проблем является то, что в воде из скважин тоже содержатся загрязнители, которые необходимо из неё удалять. В зависимости от глубины подземной скважины, для используемой воды могут быть характерны те, или иные примеси. Как правило, в воде, из глубоких скважин, содержится больше железа и марганца. В более поверхностных скважинах, чаще встречаются загрязнители органической природы. Источники загрязнения подземной гидросферы подразделяются на: химические, тепловые, радиоактивные, бактериальные, агрохимические, нефтяные, диффузные. А загрязняющие факторы подразделяются на производственные, атмосферные и бытовые.

Бактериальные (биологические) загрязнения выражены в микроорганизмах, которые попадают в подземные воды. Это могут быть: бактерии, простейшие, водоросли, актиномицеты, грибы, вирусы. Как правило бактериальное загрязнение подземной гидросферы актуально для не очень глубоких скважин.

Радиоактивное загрязнение выражено появлением в подземных водах радиоактивных веществ, таких как: цезий, радий, тритий, уран, стронций и другие. Является наиболее опасным из представленных видов загрязнителей.

Химические загрязнения являются основными в подземной гидросфере. В зависимости от региона, а также наличия вблизи производственных факторов, может сильно отличаться как разнообразие веществ, так и их содержание. В основном попадают в воду в результате антропогенного воздействия человека, посредством производственной и бытовой деятельности. Одними из наиболее серьёзных примесей являются органические вещества.

Органические загрязнители могут подразделяться на такие виды, как:

– нефтепродукты, у которых имеется более 450 различных соединений. Бывают эмульгированные, растворённые, адсорбированные на диспергированных частицах, а также в форме масляной фазы;

– синтетически поверхностно активные вещества (СПАВ), в основном имеют отношение к анионактивной группе. Находясь в воде, представляют опасность из-за своей биологической устойчивости. Также добавляют в воду характерный вкус и запах;

– фенолы, как правило, попадают в природную гидросферу с промышленными стоками. Делятся на две категории: нелетучие (резорцин, пирокатехин и прочие) и летучие (ксилонолы, крезолы, фенол). Более существенную канцерогенность для воды имеют летучие фенолы.

Основными, самыми распространёнными загрязнителями в подземной воде, являются ионы железа (Fe^{2+}), ионы марганца (Mn^{2+}) и соли жёсткости. В водоочистке используют разнообразные методы для удаления этих примесей из водной среды: каталитическое окисление, ионный обмен, аэрация, озонирование, сорбция, обратный осмос [6–10].

Таблица 1

Данные по содержанию ионов железа (Fe^{2+}), ионов марганца (Mn^{2+}) и солей жёсткости в подземной воде

Дата	Содержание ионов железа (Fe^{2+}), мг/дм ³	Содержание ионов марганца (Mn^{2+}), мг/дм ³	Содержание солей жёсткости, мг×экв/дм ³
22.11.21	6	0,18	5,13
20.12.21	6,8	0,2	5,13
17.01.22	7,26	0,21	5,47
20.02.22	7,19	0,21	5,6
26.03.22	6,72	0,166	5
24.04.22	5,33	0,13	4,16
21.05.22	5,28	0,119	4,11
15.06.22	5,82	0,11	4,2
23.07.22	5,6	0,11	4,25
19.08.22	5,4	0,127	4,31
25.09.22	5,23	0,116	4,2
21.10.22	5,74	0,149	4,51

В описываемом исследовании изучалась подземная вода из скважины села Зоркальцево, Томского района, Томской области. Глубина скважины, из которой бралась исследуемая вода, составляла 40 м. Ежемесячный расход воды из представленной скважины составляет не более 100 м³. Анализ проводили на содержание в воде ионов железа (Fe^{2+}), ионов марганца (Mn^{2+}) и солей жёсткости. Исследование подземной воды осуществляли в разное время года. Ионы железа (Fe^{2+}) и ионы марганца (Mn^{2+}) определяли с применением инверсионной вольтамперометрии. Соли жёсткости в подземной воде определяли титриметрическим способом.

Из показанных результатов видно, что в зимний период, концентрации указываемых химических загрязнителей в воде, наиболее высокие. В весенний и осенний промежутки времени, содержание описываемых загрязнителей в подземной воде несколько снижается. Это можно объяснить весенним таянием снега и соответственно разбавлением вод (так как скважина не особо глубокая и поверхностные воды влияют на описываемую подземную воду). Осенью это дожди и таяние выпадающего снега. В летний период, концентрации описываемых загрязнителей несколько выше, чем осенью и зимой.

Работа выполнена при финансовой поддержке FSWW-2023-0010.

Список использованных источников:

1. Мазур И.И. Инженерная экология. Общий курс. Справочное пособие / И.И. Мазур, О.И. Молдаванов, В.Н. Шишов. – М. : Высшая школа, 1996. – 637 с.
2. Использование природного глауконита для очистки воды из реки Ушайка / П.Б. Бухарева, Д.В. Мартемьянов, О.Б. Назаренко, И.В. Мартемьянова // Энергетика: Эффективность, надежность, безопасность : материалы XXI всероссийской научно-технической конференции – Томск, 2015. – 2 Т. – С. 113–116.
3. Клячков В.А. Очистка природных вод / В.А. Клячкова, И.Э. Апельцина. – М. : Стройиздат, 1971. – 579 с.
4. Исследование сорбционных свойств синтетического адсорбента в процессах водоочистки / В.В. Зарубин, Д.В. Мартемьянов, И.В. Мартемьянова, А.В. Рыков // Энергетика: Эффективность, надежность, безопасность : материалы XXI Всероссийской научно-технической конференции. – Томск, 2015. – 2 Т. – С. 187–189.
5. Крайнов С.Р. Геохимия подземных вод. Теоретические, прикладные и экологические аспекты / С.Р. Крайнов, Б.Н. Рыженко, А.М. Швец. – М. : Наука, 2004. – 677 с.
6. Мартемьянова И.В. Изучение свойств модифицированного сорбента на основе глауконита при извлечении ионов Fe^{3+} и Pb^{2+} из модельных растворов / И.В. Мартемьянова, Е.А. Денисенко, Д.В. Мартемьянов // Теоретические и практические аспекты развития научной мысли в современном мире : сборник статей Международной научно-практической конференции. – Уфа. – С. 15–17.
7. Сорбция ионов As^{3+} , As^{5+} из водных растворов на вермикулитобетоне и газобетоне модифицированных оксигидроксидом железа / Д.В. Мартемьянов, А.И. Галанов, Т.А. Юрмазова [и др.] // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. – 2014. – Том 57, Вып. 11. – С. 30–33.
8. Фрог Б.Н., Левченко А.П. Водоподготовка / Б.Н. Фрог, А.П. Левченко. – М. : МГУ, 1996. – 680 с.
9. Исследование сорбционных свойств синтетического адсорбента в процессах водоочистки / В.В. Зарубин, Д.В. Мартемьянов, И.В. Мартемьянова, А.В. Рыков // Энергетика: Эффективность, надежность, безопасность : материалы XXI Всероссийской научно-технической конференции. – Томск, 2015. – 2 Т. – С. 187–189.

ОЧИСТКА ВОДЫ ОТ ИОНОВ AS(III) ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МОДИФИЦИРОВАННОГО СОРБЕНТА

Н.А. Калинина^{1а}, аспирант, Т.Х. Чан¹, аспирант, С.О. Казанцев², к.т.н., мл. науч. сотрудник

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, г. Томск, пр. Ленина, 30

²Институт физики прочности и материаловедения СО РАН
634055, г. Томск, пр. Академический, 2/4
E-mail: ^аmartemdv@yandex.ru

Аннотация: Очистка модельного раствора от ионов As (III). Использование модифицированного сорбента на базе ильменита.

Ключевые слова: Природная вода, очистка воды, ионы мышьяка, сорбент, инверсионная вольтамперометрия, модельный раствор, динамический режим.

Abstract: Purification of the model solution from As (III) ions. The use of a modified sorbent based on ilmenite.

Keyword: Natural water, water purification, arsenic ions, sorbent, inversion voltammetry, model solution, dynamic mode.

Во многих регионах нашей планеты существует проблема содержания мышьяка в природных водах [1]. Огромное количество людей, каждый день испытывают негативное влияние данного элемента, в процессе использования загрязнённой воды. В поверхностной и подземной воде, ионы мышьяка содержатся в трёхвалентном и пятивалентном виде, представляя собой токсичный яд. Человек, потребляя загрязнённую воду, подвергает свою жизнь и здоровье опасности [2]. У мышьяка происходит биоаккумуляция в организме человека, что со временем приводит к нарушениям в работе различных органов и болезням. Поэтому учёные разных стран, занимаются проблемой удаления этого загрязнителя из воды, чтобы улучшить жизнь и благополучие человека.

В процессах водоочистки применимы разные подходы по удалению химических загрязнителей из водных сред, такие как: обратный осмос, химическая нейтрализация, сорбция, каталитическое окисление, ионный обмен и т. д. [3–9]. Среди перспективных и широко используемых методов при удалении ионов мышьяка из воды, является сорбционный способ [10].

Данная работа описывает исследование нового сорбента на основе минерала ильменита, модифицированного оксигидроксидом железа (ОГЖ). Размер частиц изучаемого сорбционного объекта 1–1,5 мм. Присутствие модифицирующего агента (ОГЖ) в объекте исследования равняется 25 % мас. Применялись динамические испытания для определения водоочистных свойств сорбента, при эксплуатации перистальтического насоса. Исследуемый сорбционный объект загружался в стеклянную трубку длиной 50 мм и диаметром 7 мм. Масса сорбционного материала составляла 2,36 г. Динамические сорбционные исследования осуществлялись в двух скоростных режимах: 200 см³/ч и 500 см³/ч. Смоделированная водная среда был получена на дистиллированной воде, при употреблении государственного стандартного образца (ГСО) мышьяка As (III). Концентрация раствора составляла 0,214 мг/дм³. Исследование водных растворов, на содержание в них ионов As (III), проводился с использованием инверсионной вольтамперометрии.

Таблица 1

Данные по удельному объёму пор и удельной поверхности у объектов исследования

Образец	Размер гранул, мм	Удельная поверхность, м ² /г	Удельный объём пор, см ³ /г
Сорбент	1–1,5	8,96	0,003
Ильменит		1,72	0,001
ОГЖ	Менее 0,1	174,51	0,076

В таблице обозначено, что большие свойства видны у модифицирующего агента, в форме оксигидоксида железа.

Минерал ильменит обладает гораздо меньшей удельной поверхностью и удельным объёмом пор. А модифицированный сорбент на основе ильменита, показывает увеличение изучаемых показателей, по сравнению с исходным носителем.

Из показателей, представленных в таблице 2 видно, что исследуемый материал, при скорости фильтрации 200 см³/ч, значительно очищает воду от ионов As (III). Хорошие характеристики наблюдаются в процессе фильтрации 7 дециметров кубических раствора. Потом видно уменьшение степени сорбции. В процессе фильтрации смоделированной среды при значениях 500 см³/ч, наблюдаются пониженные свойства, в формате очист-

ки от загрязняющих ионов. В процессе фильтрации 4 дециметров кубических раствора, наблюдаются хорошие сорбционные свойства исследуемого материала. Далее идёт резкое снижение водоочистных свойств сорбента. На 9 и 10 дециметрах кубических фильтрата, не наблюдается очистки модельного раствора.

Таблица 2

*Сорбционные характеристики материала при извлечении из раствора ионов As (III),
полученные в динамическом режиме*

Производительность, см ³ /ч	Пропущенный объём, дм ³	Содержание ионов As (III) после сорбции, мг/дм ³	Степень очистки, %
200	1	0,00037	99,82
	2	0,00085	99,6
	3	0,0029	98,64
	4	0,0061	97,15
	5	0,009	95,8
	6	0,022	89,72
	7	0,037	82,72
	8	0,086	59,82
	9	0,13	39,26
	10	0,168	21,5
500	1	0,0024	98,88
	2	0,0071	96,69
	3	0,0154	92,81
	4	0,0462	78,42
	5	0,128	40,19
	6	0,166	22,43
	7	0,19	11,22
	8	0,206	3,74
	9	0,214	0
	10	0,214	0

Список использованных источников:

1. Мазур И.И. Инженерная экология. Общий курс. Справочное пособие / И.И. Мазур, О.И. Молдаванов, В.Н. Шишов – М. : Высш. школа, 1996. – 637 с.
2. Мартемьянов Д.В. Определение сорбционных характеристик различных минералов при извлечении ионов As⁵⁺, Cr⁶⁺, Ni²⁺ из водных сред / Д.В. Мартемьянов, А.И. Галанов, Т.А. Юрмазова // *Фундаментальные исследования*. – 2013. – № 8 (часть 3). – С. 666–670.
3. Использование природного глауконита для очистки воды из реки Ушайка / П.Б. Бухарева, Д.В. Мартемьянов, О.Б. Назаренко, И.В. Мартемьянова // *Энергетика: Эффективность, надежность, безопасность : материалы XXI Всероссийской научно-технической конференции*. – Томск, 2015. – 2 Т. – С. 113–116.
4. Исследование сорбционных свойств синтетического адсорбента в процессах водоочистки / В.В. Зарубин, Д.В. Мартемьянов, И.В. Мартемьянова, А.В. Рыков // *Энергетика: Эффективность, надежность, безопасность : материалы XXI Всероссийской научно-технической конференции*. – Томск, 2015. – 2 Т. – С. 187–189.
5. Клячков В.А. Очистка природных вод / В.А. Клячкова, И.Э. Апельцина. – М. : Стройиздат, 1971. – 579 с.
6. Мартемьянова И.В. Изучение свойств модифицированного сорбента на основе глауконита при извлечении ионов Fe³⁺ и Pb²⁺ из модельных растворов / И.В. Мартемьянова, Е.А. Денисенко, Д.В. Мартемьянов // *Теоретические и практические аспекты развития научной мысли в современном мире : сборник статей Международной научно-практической конференции*. – Уфа. – С. 15–17.
7. Мартемьянова И.В. Природные цеолиты в очистке гальванических стоков / И.В. Мартемьянова, А.Ю. Баталова, Д.В. Мартемьянов // *Современный взгляд на будущее науки : сборник статей Международной научно-практической конференции*. – Уфа, 2015. – С. 16–19.

8. Баталова А.Ю. Использование пирита для очистки водных сред от ионов Cr^{6+} / А.Ю. Баталова, И.В. Мартемьянова, Д.В. Мартемьянов // Инновационные технологии и экономика в машиностроении : сборник трудов VI Международной научно-практической конференции. – Томск, 2015. – С. 341–343.

9. Мосолков А.Ю. Использование природных минералов для очистки водных сред от As^{3+} / А.Ю. Мосолков, Е.В. Плотников, Д.В. Мартемьянов // Перспективы развития фундаментальных наук: труды XI Международной конференции студентов и молодых учёных. – Томск, 2014. – С. 425–427.

10. Сорбция ионов As^{3+} , As^{5+} из водных растворов на вермикулитобетоне и газобетоне модифицированных оксигидроксидом железа / Д.В. Мартемьянов, А.И. Галанов, Т.А. Юрмазова [и др.] // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. – 2014. – Том 57. – Вып. 11. – С. 30–33.

ОЦЕНКА РИСКА АВАРИЙНОЙ СИТУАЦИИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ГАЗОСВАРОЧНЫХ РАБОТ

*Ю.А. Амелькович, к.т.н., доц, К.Р. Караулова^а, студ.
Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: ^аkrk4@tpu.ru*

Аннотация: Данная тема касается оценки риска аварийной ситуации, которая может возникнуть в процессе выполнения газосварочных работ. В аннотации будет рассмотрено значение проведения оценки риска, методы и инструменты, используемые для определения вероятности возникновения аварии, а также последствия, которые могут возникнуть в случае несчастного случая. Также будет рассмотрено какие меры предосторожности можно предпринять для минимизации рисков и обеспечения безопасности при выполнении газосварочных работ.

Ключевые слова: Газосварочные работы, взрыв, ацетилен, газовый баллон.

Abstract: This topic concerns the assessment of the risk of an emergency situation that may arise during the performance of gas welding works. The abstract will consider the importance of conducting a risk assessment, the methods and tools used to determine the probability of an accident, as well as the consequences that may arise in the event of an accident. It will also consider what precautions can be taken to minimize risks and ensure safety when performing gas welding operations.

Keyword: Gas welding, explosion, acetylene, gas cylinder.

Строительство является одной из основных отраслей экономики, обеспечивающих развитие инфраструктуры, промышленности, социальной сферы и улучшение качества жизни населения. Вместе с тем, строительство связано с определенными рисками возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС), которые могут привести к значительным материальным потерям, угрозе жизни и здоровью людей, а также негативному влиянию на окружающую среду.

ЧС при производстве строительных работ могут возникать в результате различных причин, таких как природные катаклизмы, техногенные аварии, ошибки в проектировании и строительстве, нарушение правил техники безопасности и т. д. В зависимости от характера и масштаба ЧС, последствия могут быть различными – от небольших нарушений процесса строительства до полного разрушения объектов и человеческих жертв.

Одна из составляющих в производстве строительных работ является газосварочные работы.

В сфере газосварочных работ безопасность играет ключевую роль, поскольку неправильное выполнение задач может привести к серьезным аварийным ситуациям.

При сварочных работах зачастую используют соединение ацетилена с кислородом.

Ацетилен – это горючий газ, который используется при газовой сварке. Нередко его используют для кислородной резки. Стоит отметить, что температура горения смеси кислорода и ацетилена может достигать 3300 °С. Благодаря этому свойству вещество чаще других используется при сварке. Ацетиленом обычно заменяют природный газ и пропан-бутан. Вещество обеспечивает производительность и высокое качество сварки.

Снабжение постов газом для резки и сварки может осуществляться от ацетиленового генератора или же от баллонов с ацетиленом. Для хранения данного вещества обычно используют емкости белого цвета. Как правило, на них присутствует надпись «Ацетилен», нанесенная красной краской.

Самый главный недостаток – это высокая взрывоопасность. Но многое в этом зависит от человеческого фактора.

Несоблюдение правил безопасности, неправильных действиях при обратном ударе – это основные ошибки, приводящие к авариям. Сварщик при работе с ацетиленом должен обладать навыками выше тех, которые достаточны для полуавтоматической и автоматической сварки.

Способ ацетиленовой сварки наиболее подходит для стыковых соединений деталей. А качество шва напрямую зависит от качества и чистоты ацетилена и кислорода.

При всех недостатках и высокой взрывоопасности, данный вид является основным для сваривания тонкостенных деталей и некоторых цветных материалов. К этому можно добавить наполненность и аккуратность шва.

Стык электродуговой сварки не может быть таким красивым и надежным как у газосварки, особенно при неповоротном стыке. Процесс работы начинается с открывания вентилей на баллонах и регулировки давления газа с помощью редукторов. Оптимальное значение напора газов – 2 атмосферы. При большем давлении, может быть затруднена регулировка пламени.

На горелке открываем вентиль подачи ацетилена и поджигаем газ. Затем постепенно открывая кислородный вентиль, регулируем пламя. Для сваривания черных металлов наиболее часто применяется нейтральное пламя горелки. Сам факел состоит из трех, хорошо видимых невооруженным глазом, частей.

Голубой цвет с незначительным зеленоватым отливом имеет ядро, которое расположено внутри пламени.

Далее идет рабочая область, отвечающая за нагрев и качество шва в процессе ацетиленовой сварки. Это восстановительное пламя и оно, как правило, светло-голубого цвета.

Самая большая часть – это факел горелки. Он отвечает за нагрев металла.

Для настройки нейтрального пламени, необходимо прислонить горелку к любой металлической поверхности и отрегулировать его вентилями подачи газа. Ядро не должно быть очень большим, а восстановительное пламя регулируется до определенного цвета.

Сначала выставляется размер факела. Это делается подачей ацетилена. Затем постепенно увеличивая подачу кислорода, добиваемся нормального пламени.

При этом не следует делать очень мощное пламя. Оно увеличит не только скорость ацетиленовой сварки, но и повысит количество прожогов и подрезов шва. Поэтому регулировка – это одна из основных операций, которая облегчает выполнение сварочных работ.

Нельзя выставлять длинный и оранжевый цвет факела. Такое горение будет снижать качество шва, внося в сварочную ванну избыток углерода [1].

Существует множество причин взрыва ацетиленового баллона. Например:

- воспламенение струи ацетилена, приводящее к разогреву баллона и взрывному распаду ацетилена;
- нагревание ацетиленовых баллонов внешними источниками тепла, создающее высокое давление и способствующее полимеризации ацетилена с выделением тепла и возможностью взрывного распада;
- механические повреждения, такие как удары, падения и перегрев солнечными лучами;
- неправильное использование и нарушение правил техники безопасности;
- нарушение герметичности и неисправность запорной арматуры [2].

В данной работе оценка вероятности возникновения несчастного случая произведена методом анализа дерева отказов. Этот метод применим, поскольку можно выяснить информацию об опасностях, которые могут привести к несчастному случаю, а также рассчитать его вероятность. Данный метод применим, поскольку есть возможность глубокого анализа процесса, кроме того, есть возможность проведения качественного и количественного анализа. Метод позволяет сосредоточиться на конкретизированных элементах системы. Но, самое главное достоинство метода – это конкретизация процесса с описанием только технических процессов, которые могли привести к несчастному случаю. Это заметно облегчает процесс выполнения анализа риска.

В результате построения деревьев был сделан вывод о том, что наиболее вероятная причина возникновения взрыва ацетиленового баллона является создание высокого давления баллона [3]. Статистические данные также позволяют сделать вывод, что взрыв ацетиленового баллона происходит из-за высокого давления баллона.

В результате данной работы можно сделать следующие выводы: причин, способствующих возникновению ЧС при газосварочных работах, достаточно много, например:

- воспламенение струи ацетилена, приводящее к разогреву баллона и взрывному распаду ацетилена;
- нагревание ацетиленовых баллонов внешними источниками тепла, создающее высокое давление и способствующее полимеризации ацетилена с выделением тепла и возможностью взрывного распада;
- механические повреждения, такие как удары, падения и перегрев солнечными лучами;
- неправильное использование и нарушение правил техники безопасности;
- нарушение герметичности и неисправность запорной арматуры.

Наиболее вероятная причина ЧС является создание высокого давления в баллоне.

Для предотвращения возникновения ЧС при газосварочных работах необходимо разработать и строго соблюдать процедуры по безопасной организации сварочного процесса, обеспечить обучение сварщиков правилам техники безопасности и особенностям работы с газосварочным оборудованием, проводить систематический контроль за соблюдением всех требований по безопасности труда при проведении сварочных работ.

Список использованных источников:

1. Правила по охране труда при выполнении электросварочных и газосварочных работ: (№884Н): официальное издание: утвержден Минтруд России от 29.12.20: введены в действие 01.01.21. – Москва. – Текст : непосредственный.
2. Чиженко В.П. Анализ причин взрывов газовых баллонов / В.П. Чиженко // Охрана труда. – 2010. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vzryvy-gazovyh-ballonov-prichiny-i-posledstviya/viewer> (дата обращения: 13.04.2024). – Текст: электронный.
3. Степанов И.С. Методы анализа и оценки рисков в системах управления охраной труда и промышленной безопасности / И.С. Степанов // Проблемы техноферной безопасности. – 2015. – № 1. – С. 22–29.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ ИЗ ВОДНОГО РАСТВОРА ИОНОВ ФТОРА

П.Н. Максимов^{1а}, аспирант, С.О. Казанцев², к.т.н., мл. научный сотрудник, Т.Х. Чан¹, аспирант

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет

634050, г. Томск, пр. Ленина, 30

²Институт физики прочности и материаловедения

634055, г. Томск, пр. Академический, 2/4

E-mail: pnm1@tpu.ru

Аннотация: Применение оксида алюминия для очистки модельного раствора от ионов фтора. Изучение физико-химических характеристик оксида алюминия.

Ключевые слова: Ионы фтора, очистка воды, оксид алюминия, сорбент, модельный раствор.

Abstract: Application of aluminum oxide for purification of the model solution from fluorine ions. The study of the physico-chemical characteristics of aluminum oxide.

Keyword: Fluorine ions, water purification, aluminum oxide, sorbent, model solution.

В различных регионах Земли, люди сталкиваются с проблемой избыточного содержания фтора в воде. Примерно третья часть людей на планете, использует для питья подземную воду. Из этого количества, примерно 10 % людей (около 300 млн.), потребляют подземную воду, содержащую фториды. Фтор в воде, появляется, как правило, в процессе выщелачивания минеральных пород.

Оптимальные количества фтора, необходимы для жизнедеятельности человека. Но его избыточные количества в организме, которые могут туда попасть с питьевой водой, самым пагубным образом скажутся на самочувствии и здоровье человека. Избыточное содержание фтора в воде, при её потреблении, вызывает флюороз зубов. Данный элемент в организме, негативно влияет на щитовидную железу. Также имеет место отрицательное воздействие на функционирование нервной системы. Фтор в организме провоцирует нефротоксичность, что выражается в повреждении почек. Также он ослабляет кости, что увеличивает количество их переломов.

В силу вышесказанных причин, становится очевидным решением, удаление фторидов из воды, перед её употреблением. В процессах водоочистки применяются различные подходы по удалению из воды химических примесей [1–4]. Многие из известных способов, применимы для удаления фтора из воды. Одним из эффективнейших и доступных методов очистки водных сред от химических веществ, считается сорбционный способ [5–9].

В статье рассматривается активный оксид алюминия марки АОА-1 ОКП 21 6321 0100. С его помощью, очищали модельный раствор от ионов фтора в динамическом режиме. Для этого использовалась фильтрационная колонна диаметром 30 мм и длиной 1000 мм.

Модельный раствор готовился на водопроводной воде, с использованием фторида натрия, и концентрация ионов фтора в нём составляла 10,2 мг/дм³. Анализ на содержание ионов фтора в определяемых водных средах осуществлялся с помощью прибора рН-метр-иономер «Эксперт-001».

Масса сорбента, который засыпался в колонну составляла 340 г. Производительность фильтрации модельного раствора через фильтровальный модуль составляла 4,4 дм³/час.

Таблица 1

Значения насыпной плотности, удельной поверхности и удельного объёма пор у активного оксида алюминия

Размер гранул, мм	Насыпная плотность, г/дм ³	Удельная поверхность, м ² /г	Удельный объём пор, см ³ /г
Диаметр – 5 Длина – 15	483	246,19	0,65

Из данных, приведённых в таблице 1, видно, что судя по насыпной плотности, материал относительно лёгкий. Имеет высокую удельную поверхность и удельный объём пор.

Таблица 2

Сорбционные характеристики активного оксида алюминия при извлечении ионов фтора из модельного раствора

Пропущенный объём, дм ³	Концентрация ионов фтора до сорбции, мг/дм ³	Концентрация ионов фтора после сорбции, мг/дм ³	Эффективность очистки, %
1	10,2	0,11	98,93
10		0,11	98,93
20		0,13	98,73
30		0,15	98,53
40		0,19	98,14
50		0,22	97,85
60		0,27	97,36
70		0,34	96,67
80		1,1	89,22
90		1,1	89,22
100		1,3	87,26
110		1,62	84,12
120		1,97	80,69
130		3,48	65,89
140		4,17	59,12
150		5,2	49,02
160		6,77	33,63
170		8,6	15,69
180		9,13	10,5
190		10,2	0
200	10,2	0	

Из данных, приведённых в таблице 2, можно сделать выводы. Исследуемый материал хорошо очищает водный раствор от ионов фтора. В первых 70 дециметрах кубических фильтрата наблюдаются малые значения фтора. То есть, оксид алюминия показывает очень хорошую очистку воды. Далее, до 120 дециметра кубического фильтрата показана приемлемая сорбция. А затем наблюдается значительное снижение сорбционных свойств. На 190-ом дециметре кубическом фильтрата, сорбция не видна.

Список использованных источников:

1. Использование природного глауконита для очистки воды из реки Ушайка / П.Б. Бухарева, Д.В. Мартемьянов, О.Б. Назаренко, И.В. Мартемьянова // Энергетика: Эффективность, надежность, безопасность: материалы XXI всероссийской научно-технической конференции. – Томск, 2015. – 2 Т. – С. 113–116.
2. Мартемьянов Д.В. Определение сорбционных характеристик различных минералов при извлечении ионов As⁵⁺, Cr⁶⁺, Ni²⁺ из водных сред / Д.В. Мартемьянов, А.И. Галанов, Т.А. Юрмазова // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 8 (часть 3). – С. 666–670.
3. Исследование сорбционных свойств синтетического адсорбента в процессах водоочистки / В.В. Зарубин, Д.В. Мартемьянов, И.В. Мартемьянова, А.В. Рыков // Энергетика: Эффективность, надежность, безопасность: материалы XXI всероссийской научно-технической конференции. – Томск, 2015. – 2 Т. – С. 187–189.
4. Клячков В.А., Апельцин И.Э. Очистка природных вод / В.А. Клячкова, И.Э. Апельцина. – М. : Стройиздат, 1971. – 579 с.
5. Смирнов А.Д. Сорбционная очистка воды / А.Д. Смирнов. – Л. : Химия, 1982. – 168 с.
6. Мосолков А.Ю. Модифицирование пористого перлита гидроксидом железа, с целью придания ему сорбционных свойств, для извлечения ионов мышьяка из водных сред / А.Ю. Мосолков, Д.В. Мартемьянов, Д.Н. Мухортов // Современные техника и технологии : труды XIX Международной научно-практической конференции студентов и молодых учёных. – Томск, 2013. – С. 104–105.
7. Мартемьянова И.В. Изучение свойств модифицированного сорбента на основе глауконита при извлечении ионов Fe³⁺ и Pb²⁺ из модельных растворов / И.В. Мартемьянова, Е.А. Денисенко, Д.В. Мартемьянов // Теоретические и практические аспекты развития научной мысли в современном мире : сборник статей Международной научно-практической конференции. – Уфа. – С. 15–17.

8. Баталова А.Ю. Использование пирита для очистки водных сред от ионов Cr^{6+} / А.Ю. Баталова, И.В. Мартемьянова, Д.В. Мартемьянов // Инновационные технологии и экономика в машиностроении : сборник трудов VI Международной научно-практической конференции. – Томск, 2015. – С. 341–343.

9. Мартемьянов Д.В. Исследование свойств сорбента глауконит гранулированный / Д.В. Мартемьянов, Д.Н. Мухортов, Ф.Е. Сапрыкин // Инновационные процессы в научной среде : сборник статей Международной научно-практической конференции. – Уфа, 2015. – С. 31–33.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ОБРАБОТКИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НАТУРАЛЬНЫХ ВОЛОКОН

Г.Р. Умурзакова^а, ст. преп., Х.А. Хамракулова, докторант. Г. Ахрамова, студ.

Ферганский Политехнический институт

150100, г. Фергана, ул. Ферганская, 86

E-mail: ^аguzal.umurzakova@ferpi.uz

Аннотация. В данной работе рассмотрено изучение коллоидно-химических свойств электроактивированных водных растворов серицина. На основе полученных исследований предложена новая технология размотки коконов в данных растворах. Даны результаты исследований работы отрыва от усилия схода коконной нити при размотке коконов в электроактивированных водных растворах серицина. В работе приведены также комплексные исследования и изучены особенности взаимодействия коконой оболочки электрообработанной технологической жидкости с различными физико химическими и структурными методами.

Ключевые слова: шелковые нити, кокон, серицин, фиброин, электроактивация, размотка коконов, коллоидно-химическое свойство, адгезия, усилия схода нити, смачивания.

Abstract: This work examines the study of colloidal chemical properties of electroactivated aqueous solutions of sericin. Based on the research obtained, a new technology for unwinding cocoons in these solutions has been proposed. The results of studies of the work of separation from the force of the cocoon thread when unwinding cocoons in electroactivated aqueous solutions of sericin are given. The work also presents comprehensive studies and studies the features of the interaction of the cocoon shell of an electrically treated technological fluid with various physicochemical and structural methods.

Keywords: silk threads, cocoon, sericin, fibroin, electroactivation, unwinding of cocoons, colloidal chemical property. Adhesion, thread shedding forces, wetting.

В настоящее время существуют много различных методов в технологии очистки водяных систем.

Определённое применение в водообработке и водоочистке находит также электрохимическая обработка воды постоянным электрическим током, при которой образуется активированная вода, характеризующаяся рядом специфицирующими свойствами [1, 2].

Электроактивированные водные растворы нашли широкое применение в различных отраслях, в сельском и водном хозяйстве для повышения урожайности растений, в животноводстве, медицине, для обеззараживания воды и в бытовых целях [3, 4]. Известны также работы, по переработке луба кенафа в активированной воде, способствующей разработке безотходной замкнутой системы водоснабжения лубяных заводов [5, 6]. Данная обработка воды характеризуется эффективностью, устойчивостью, контролируемостью и удобным для автоматического регулирования процессами, а также легкой инженерной конструкцией аппаратуры.

Обычно, электрохимической активацией систем понимают процесс перевода растворов в метастабильное состояние, вызванное структурно-энергетическими и электрохимическими изменениями в электрическом поле, в результате которых растворы в течение периода релаксации проявляют аномальные свойства в физико-химических превращениях. Электрохимическая активация достигается в результате совокупности электрохимических и электрофизических воздействий на слабоминерализованные растворы и протекает в непосредственной близости к электродам в области двойного электрического слоя, где интенсивность электрофизического воздействия максимальна и напряжённость электрического поля достигает сотен тысяч вольт на сантиметр [6–7]. Процесс осуществляется, как правило, в устройствах, снабжённых диафрагмой, разделяющей катодное и анодное пространства. После электрохимической активации раствор вблизи катода (католит) насыщается водородом, становится щелочным и приобретает отрицательный окислительно-восстановительный потенциал (ОВП). Раствор вблизи анода (анолит) характеризуется низкими значениями pH , высокими положительными значениями ОВП и повышенным содержанием кислорода. Католит проявляет повышенную каталитическую и биологическую активность. Отрицательные значения ОВП католита связывают с его антиоксидантными свойствами.

Производство шелковых тканей принадлежит к числу основных отраслей легкой промышленности, в особенности в Республике Узбекистан, где этот вид текстильной продукции давно является товарами широкого потребления. Одной из основных задач, стоящих перед шелкомотальной промышленностью, в условиях рыночной экономики, является повышение эффективности производства натурального шелка на основе рацио-

нального использования сырьевых ресурсов, усовершенствование техники и технологии производства и улучшение качество продукции.

Одним из путей улучшения технологии переработки шелковичных коконов является совершенствование технологического процесса запарки и размотки коконов. Совершенствование процесса размотки коконов возможно на основе оптимизации технологических режимов и разработки новых методов размотки, включающих предварительную обработку коконов.

Целью нашей работы является изучение коллоидно-химических свойств электроактивированных водных растворов серицина и разработка на основе этого исследования технологии размотки коконов в этих растворах.

Для достижения сформулированной цели требовалось решить следующие задачи:

- исследовать физико- и коллоидно-химические свойства электроактивированных водных растворов серицина;
- разработать способ определения концентрации серицина в технологической жидкости;
- исследовать влияние электроактивированного водного раствора на смачиваемость коконной оболочки и усилие схода нити;
- определить оптимальные режимы размотки коконов в электроактивированных водных растворах серицина в зависимости от концентрации последнего и pH раствора.

Шелковая нить коконов состоит в основном из высокомолекулярных соединений, фиброина, серицина и небольшого количества различных примесей таких как, жирно-восковые вещества и минеральные соли. В зависимости от сорта коконов содержание фиброина колеблется от 66,5 % до 73,5 %, серицина от 26,5 % до 33,5 % [6].

Фиброин – природное высокомолекулярное белковое вещество, имеющее полипептидное строение и состоит на 90 % из остатков четырех α – аминокислот: глицина, аланина, серицина и тирозина. Серицин – высокомолекулярное белковое соединение, относящееся к белкам β -структуры. Для серицина характерен высокий выход оксиаминокислот, в особенности серицина, более высокое содержание по сравнению с фиброином, дикарбоновых аминокислот и диаминокислот.

Серицин и фиброин, из которых состоит натуральный шелк, имеют множество разнообразных ионогенных групп в боковых цепях аминокислотных остатков, которые в зависимости от состояния ионизации могут обладать суммарным положительным или отрицательным зарядом. Известно, что такие молекулы, имеющие большое число заряженных ионов, в растворенном состоянии называются полиэлектролитами.

Фиброин не растворим в большинстве органических растворителей, таких как спирт, эфир, сероуглерод. Фиброин практически не растворим также в воде, но способен ограниченно набухать до 30–40 %. В концентрированных растворах неорганических солей фиброин растворяется, а именно: в 50 % растворе роданида лития, в 50–60 % растворах бромида лития $LiBr$, в медно-аммиачном растворе $(Cu(NH_3)_4(OH)_2$, в концентрированных растворах дихлорида меди $CuCl_2$, в этилендиаминовом растворе дигидроксида меди.

Принято считать, что растворение фиброина происходит с разрывом водородных связей между полипептидными цепями в растворах щелочей $NaOH$, KOH , а в концентрированных растворах кислот – азотной, серной, фосфорной, соляной и дихлоруксусной фиброин растворяется с расщеплением амидных связей. По растворяющему действию на шелк анионы располагаются в следующем порядке: сульфат < цитрат < тартрат < ацетат < хлорид < нитрит < бромид < иодид < тиоционат < дихлорацетатионы. Для катионов такой ряд выглядит таким образом: $Ca^{2+} < Sr^{2+} < Ba^{2+} < Li^+ < Zn^{2+}$.

Серицин покрывает тонким слоем поверхность фибриновой части нити натурального шелка и также представляет собой высокомолекулярное соединение. Серицин не растворяется в спирте, эфире, ацетоне, петролейном эфире и других органических растворителях. Серицин растворяется в водных растворах щелочей и кислот, а также в отличие от фиброина серицин растворим в кипящей воде. Поэтому при переработке коконов серицин за счет растворения отделяется от фиброина, причем разлагается он также ферментами [5–6].

Технология кокономотания основана на использовании воды в качестве как размягчителя и растворителя серицина, так и среды, в которой происходит операция опрыскивания концов нитей и разматывания коконов. Будучи хорошим растворителем, вода является активной технологической средой, наилучшим образом отвечающей активной технологической средой. Говоря о воде и водных растворах, следует отметить, что в природе на бывает совершенно чистой воды. Технологическая вода, которая используется в кокономотании, фактически является разбавленным водным раствором с определенным содержанием неорганических веществ (электролитов). Основными параметрами водных растворов, которые оказывают влияние на структуру и свойства шелка-сырца, считают: pH раствора, жесткость, содержание (вид и концентрация) неорганических растворимых веществ.

Нами проведены исследования коллоидных и физико-химических свойств электроактивированных водных растворов серицина. На основе этих исследований рекомендован метод размотки коконов в электроактивированных водных растворах серицина.

Рассмотрим применение электроактивированных водных растворов серицина на размотку коконов и рассмотрим работу отрыва от схода коконной нити при размотке коконов. Известно, что концентрация сери-

цина в технологической среде влияет как на процесс размотки, так и на выход шелка-сырца и его качество. В этой связи для осуществления регулирования состава технологической среды размотки, нами предложен метод размотки с концентрацией серицина в пределах от 3 до 7 г/л. Для реализации этого метода размотки коконов необходимо поддерживать концентрацию серицина в заданных пределах. Так как при более низкой концентрации не обеспечивается эффективность процесса, а при более высокой концентрации происходит засорение пор кокона, что препятствует поступлению воды во внутреннюю часть оболочки кокона.

В работе исследовали также работу отрыва от усилия схода коконной нити при размотке коконов в электроактивированных водных растворах серицина. Под адгезией понимают прочность связи соприкасающихся фаз, и в процессе размотки она определяется, как нагрузка, необходимая для разрушения этой связи. Расчет работы отрыва определяется в зависимости от натяжения коконной нити при размотке. Однако процесс размотки есть результат водно-термического взаимодействия кокона с водой, то кроме физико-механических свойств нити, на работу отрыва оказывают большое влияние и свойства самой жидкости.

На основании произведенных исследований разработаны и утверждены технологические инструкции в процессе переработки натуральных волокон в катодной зоне.

Список использованных источников:

1. Некрасова Л.П. Влияние электрохимической обработки на физико-химические свойства воды. Гигиена и санитария / Л.П. Некрасова, Р.Н. Михайлова, И.Н. Рыжова. – 2020. – 99 (9). – С. 904–910. – URL: <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2020-99-9-904-910> (дата обращения: 20.04.2024). – Текст: электронный.
2. Прилуцкий В.И. Электрохимически активированная вода: аномальные свойства, механизм биологического действия / В.И. Прилуцкий, В.М. Бахир. – М.: Экран, 1997.
3. Леонов Б.И. Физико-химические аспекты биологического действия электрохимически активированной воды / Б.И. Леонов, В.И. Прилуцкий, В.М. Бахир. – М., 1999.
4. Бахир В.М. Электрохимическая активация. Изобретения, техника, технология / В.М. Бахир. – М.: Дельфин Аква, 2014.
5. Структурные исследования лубяных волокон / Н.Х. Улугмуратов, Н.Д. Бурханова, Г.В. Никонович [и др.] // Узб. хим. журнал. – 1995. – № 2. – С. 32–33.
6. Слепнева Е.В. Современные методы модификации биополимеров / Е.В. Слепнева, И.Ш. Абдуллин, В.В. Хамматова // Вестник Казанского технологического университета. – 2010. – № 10. – 161 с.
7. Некрасова Л.П. Определение антиоксидантной активности электрохимически активированной воды потенциометрическим и спектрофотометрическим методами / Л.П. Некрасова, Р.И. Михайлова, И.Н. Рыжова // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований.
8. Problems in the Textile and Light Industry in the Context of Integration of Science and Industry and Ways to Solve Them (PTLICISIW-2022) / В. Islamov, S. Tashpulatov, Sh. Nutfullaeva [and et.] // Scopus Web of Science indexed. AIP Conference Proceedings. – New York – 2023. – Vol. 2789. – 040122-1-5.

РАСТИТЕЛЬНЫЙ ПОКРОВ ОТВАЛЬНО-КАРЬЕРНОГО ЛАНДШАФТА КАРАКАНСКОГО ХРЕБТА

*Е.Б. Роткина^а, к.диол.н., доц., М.С. Ракина, к.диол.н., доц.
Кузбасский государственный аграрный университет им. В.Н. Полецькова
650056, г. Кемерово, ул. Марковцева, 5
E-mail: ^аk.rot@mail.ru*

Аннотация: Статья посвящена изучению растительного покрова отвалов горных пород. Дана краткая характеристика территории и ее особенностей. Представлен анализ растительности отвалов и прилегающих территорий, как значительного элемента для комплексной оценки условий восстановления. Представлены результаты исследований прилегающих территорий для подбора местных видов растений, наиболее пригодных для освоения нарушенных промышленностью территорий и ускорения процесса почвообразования.

Ключевые слова: отвал, рекультивация, растительность, Кемеровская область – Кузбасс.

Abstract: The article is devoted to the study of the vegetation cover of rock dumps. A brief description of the territory and its features is given. The above analysis of the vegetation of the dumps and adjacent areas is a significant element for a comprehensive assessment of restoration conditions. The results of a study of territories are presented with the aim of selecting local plant species that are most suitable for the development of disturbed industrial areas and accelerating the process of soil formation.

Keywords: dump, reclamation, vegetation, Kemerovo region – Kuzbass.

Большая часть территории Кемеровской области расположена в межгорной Кузнецкой котловине, которая занимает большую часть территории Кемеровской области и характеризуется неоднородным и сложным рельефом в различных ее частях. Морфоструктуры, которые многие авторы выделяют в пределах котловины,

являются так называемыми горами Меладифровой подковы. Они представляют собой систему невысоких поднятий, вытянутых в пространстве, в геологическом отношении являются довольно однотипными и сложены пермскими базальтами, местами перекрытыми тонким чехлом рыхлых четвертичных отложений эолового генезиса, смешанных с продуктами выветривания коренных пород [1, 2].

Караканский хребет представляет из себя практически прямолинейное поднятие около 25 км длиной и 1–1,5 км шириной, протянувшееся с северо-запада на юго-восток области [3].

Растительный покров Караканского хребта определяется особенностями географического положения и геологического строения территории, а также расположением в окружении ландшафтов Кузнецкой лесостепи [2, 4]. Данный хребет играет роль мощного местного климатообразующего фактора, обуславливая перераспределение тепла и влаги на склонах различной экспозиции.

Характер растительного покрова лесостепной, процент облесения чрезвычайно низкий. Наиболее развиты в данном районе разнотравные степи более мезофильного облика с довольно густым травостоем. На прогалинах и в мелких понижениях произрастают луговые сообщества. Луговые степи располагаются на пологих участках склонов, ближе к лесу представляют собой мезофильный вариант степной растительности. Разнотравно-кустарниковая луговая степь отличается развитием кустарникового яруса, не дающего сомкнутого полога. Ведущая роль на таких участках остается за травостоем, почему они и относятся к степям, а не к зарослям кустарников [5].

Кустарниковая луговая степь, которая относится к группе формаций каменистых луговых степей, занимает склоны западной экспозиции и носит петрофитный характер. Луговая растительность развивается на участках с достаточным увлажнением и представлена группой формаций остепненных суходольных лугов.

В основном эти сообщества формируются из луговых и лугово-степных мезофитов и ксеромезофитов, и только иногда со слабым ксерофильным оттенком.

В понижениях между склонами, в условиях более сформированного почвенного покрова, развиваются суходольные разнотравно-злаковые луга с преобладанием в травостое мезофитных видов.

Лесной элемент лесостепного комплекса составляют березовые леса из берёзы повислой (*Betula pendula*), березовые леса с небольшим участием осины обыкновенной (*Populus tremula*), которые образуют формацию осиново-березовых лесов. Осиново-березовые леса в основном приурочены к долинам рек.

В лесах почти всегда присутствует подлесок из таких видов как карагана кустарниковая (*Caragana frutex*), шиповник майский (*Rosa majalis*), шиповник иглистый (*Rosa acicularis*), таволга средняя (*Spiraea media*), таволга дубровколистная (*Spiraea chamaedryfolia*), а по западинам встречаются заросли смородины щетинистой (*Ribes hispidulum*) и смородины чёрной (*Ribes nigrum*).

Мощно развивается травянистый покров, достигающий 50–60 см высоты, в котором в отдельных местах доминируют злаки – овсяница луговая (*Festuca pratensis*), ежа сборная (*Dactylis glomerata*), но чаще на первое место выходит группа разнотравья, из которой наиболее обычны: кровохлёбка лекарственная (*Sanguisorba officinalis*), подмаренник бореальный (*Galium boreale*), костяника (*Rubus saxatilis*) и другие виды [6, 7].

По современному административному делению территория Караканского хребта находится между Прокопьевским и Беловским муниципальными округами Кемеровской области – Кузбасс. Населенные пункты и какие-либо жилые поселения непосредственно на Караканском хребте отсутствуют. В непосредственной близости расположены крупные поселения Каракан и Пермьяки, из мелких деревень прилегают к территории д. Тыхта, Каралда.

В результате хозяйственной деятельности человека сформировалась сорная и залежная растительности. Территория Караканского хребта используется в настоящее время под агроценозы, в том числе под пастбища и сенокосы. Данное явление привело к тому, что даже в природных ненарушенных растительных сообществах появились рудеральные виды растений – осот огородный (*Sonchus oleraceus*), осот шероховатый (*Sonchus asper*), латук компасный (*Lactuca serriola*), пастушья сумка обыкновенная (*Capsella bursa-pastoris*), ярутка полевая (*Thlaspi arvense*), редька дикая (*Raphanus raphanistrum*), люцерна хмелевидная (*Medicago lupulina*), люцерна посевная (*Medicago sativa*) и другие виды.

В результате промышленного освоения Караканского каменноугольного месторождения, расположенного в северо-восточной части Ерунаковского геолого-экономического района Кузбасса, сформировался техногенно-нарушенный ландшафт. Большая часть почвенного покрова данного ландшафта нарушена и представлена техногенными типами почв, характеризующимися низким содержанием гумуса. Зональный почвенный покров (луговые почвы и чернозем оподзоленный) в пределах территории исследования был зафиксирован на не затронутых угледобычей участках. Данные почвы характеризуются низким содержанием азота и фосфора, повышенной поглотительной способностью и средней степенью гумусированности.

Уничтожение растительного и почвенного покрова при горных вскрышных работах резко меняет весь комплекс природных условий. Территория объекта исследования – отвал разреза – является техногенно нарушенным участком с проективным покрытием растительного покрова 40 %. Интенсивность самозарастания рельефа средняя и происходит за счет естественного переноса семян с соседних территорий. Как показали марш-

рутные рекогносцировочные исследования техногенные первичные экотопы находятся в стадии заселения эксплорентами, видами растений, которые быстро заселяют новые места обитания и в последующем быстро выпадают из ценоза [8, 9]. Зачастую это однолетние светолюбивые растения, приспособленные к жизни на свободных пространствах.

Анализ биоэкологической структуры парциальных флор отвала показал, что на нарушенной территории формируется преимущественно мезофитная, сорно-рудеральная, травянистая растительность.

Характер формирующихся фитоценозов на территории отвала в значительной степени зависит от рельефа, экспозиции склонов и состава пород в отвале. На участках крупнообломочных грунтов с примесью частиц угля территория площадки имеет растительный покров неравномерный, местами – мозаичный. На участках отвала с более поздней отсыпкой происходит более интенсивный процесс самозарастания с участием зональных видов.

Биологический спектр показывает существенный численный перевес травянистых растений над древесными, а среди травянистых преобладание многолетников над однолетниками и двулетниками, что характерно для умеренных флор северного полушария.

Основу в формировании травянистого сообщества отвала составляют сорно-рудеральные и луговые виды, но доля участия сорно-рудеральных видов в формировании покрова выше.

Ассоциация отвала разнотравно-бобово-злаковая. Основу травянистого сообщества составляют семейства Сложноцветные (*Compositae*), Бобовые (*Fabaceae*) и Злаковые (*Poaceae*).

Склоны имеют фрагментарную древесно-кустарниковую растительность, сформированную единичными экземплярами трёхтычинковой ивы (*Salix triandra*). На границе отвала с фоновым участком прослеживается переход от сорно-рудеральной растительности к разнотравному зональному растительному сообществу.

Фоновый участок располагается в километре от действующего отвала и представлен вторичными осиново-березовыми колками. Древостой формируют береза повислая (*Betula pendula*) и осина обыкновенная (*Populus tremula*). Высота древостоя от 8 до 15 метров.

В связи с тем, что осина и береза дают много листового опада, травостой разреженный. Древесно-кустарниковый ярус сформирован ивовыми зарослями. Поверхность почвы неровная, на неровностях и около деревьев произрастают мхи. Моховое покрытие составляет 20 %.

Биологический спектр показывает численный перевес многолетников над одно- и двулетними растениями, что характерно для умеренных флор северного полушария. Благодаря тому, что фоновый участок примыкает к производственному комплексу, в растительном покрове стала заметна роль рудеральных видов. Ярус высоких трав сформирован диплазиумом сибирским (*Diplazium sibiricum*) – он образует фон, смыкается.

Исходя из этого следует, что для успешного создания продуктивных ценозов в специфических условиях техногенных экотопов отвалов необходимо тщательно подбирать ассортимент травянистых растений, который формирует обильную вегетативную массу. При биологическом этапе лесной рекультивации промышленно нарушенных участков данные травосмеси надежно предохранят поверхность от эрозии, смогут улучшить обеспеченность древесных и кустарниковых пород влагой и необходимыми элементами питания, а тем самым ускорят процесс почвообразования.

Список использованных источников:

1. Куприянов А.Н. Степные участки Кузнецкой котловины в опасности / А.Н. Куприянов, Ю.А. Манаков // Степной бюллетень. – 2006. – № 20. – С. 40–41.
2. Лашинский Н.Н. Хионофильное высокотравье Караканского хребта (Кемеровская область) / Н.Н. Лашинский // Растительный мир Азиатской России. – 2008. – № 2. – С. 75–79.
3. Кемеровская область. Ч. 1: Природа и население: коллективная: монография / М.Ф. Адаменко, Г.Н. Багмет, Л.К. Ваничева [и др.]; под ред. В.П. Удодова. – 2008. – 115 с.
4. Куминова А.В. Растительность Кемеровской области / А.В. Куминова. – Новосибирск, 1950. – 167 с.
5. Поляков А.Д. О памятнике природы «Караканский хребет» в Кузбассе / А.Д. Поляков, Е.Б. Роткина // Успехи современного естествознания, 2008. – № 6. – С. 57–59.
6. Растительный мир Караканского хребта / Н.Н. Лашинский, С.А. Шереметова, Н.И. Макунина [и др.]. – Новосибирск : Академическое изд-во «Гео», 2011. – 120 с.
7. Роткина Е.Б. Последствия сельскохозяйственного освоения степных сообществ Кузнецкой котловины (современное состояние и перспективы охраны) / Е.Б. Роткина, С.А. Шереметова // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 12. – С. 39–40.
8. Новаковский А. Методы ординации в современной геоботанике / А. Новаковский // Jahrbuch fur EcoAnalytic und EcoPatologic: сборник материалов по методам системной идентификации и математической статистики в экологии. – 2007. – URL: <http://www.ievbras.ru/ecostat/Kiril/Article/A26/Ordinate.htm>. (дата обращения: 17.04.2024). – Текст: электронный.
9. Быков Б.А. Введение в фитоценологию / Б.А. Быков. – Алма-Ата, 1970. – 226 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИКИ ФИЛЬТРА В БАРБОТАЖНОМ ЭКСТРАКТОРЕ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Ш.Ю. Усмонов, к.т.н. доц., Б.Т. Жобборов^а, ассистент
Ферганский политехнический институт
150100, Республика Узбекистан, г. Фергана, ул. Ферганская, 86
E-mail: ^аbaxodir.jobborov@ferpi.uz

Аннотация: Работа посвящена проблеме которая является одно из приоритетных направлений дальнейшего развития и диверсификации химической промышленности Республики Узбекистан указанной в Постановлении Президента Республики Узбекистан от 25 сентября 2018 года № PQ 3983, которая указаны активное развитие науки и полевых научных исследований, а также внедрение в производство передовых научных разработок, в первую очередь направленных на глубокую переработку углеводородного сырья и минеральных ресурсов.

Ключевые слова: Барботажный экстрактор, конденсат, экстракция.

Abstract: The work is devoted to the problem that is one of the priorities for the further development and diversification of the chemical industry of the Republic of Uzbekistan specified in the Decree of the President of the Republic of Uzbekistan dated September 25, 2018 No.PQ 3983, which indicates the active development of science and field research, as well as the introduction into production of advanced scientific developments, primarily aimed at deep processing of hydrocarbon raw materials and mineral resources.

Keywords: Bubbling extractor, condensate, extraction.

Основной текст

Гидродинамика фильтра, улавливающего неоседающие капли дисперсной фазы в барботажном экстракторе.

Основной особенностью, определяющей работу барботажных экстракторов, является то, что капли дисперсной фазы, образующиеся в каждой зоне перемешивания аппарата, являются многодисперсными, а мелкие капли, которые не оседают, объединяются с легким потоком жидкости и выходят на верхние ступени. Это, в свою очередь, влияет на эффективность работы аппаратных ступеней. Для устранения этих недостатков в зоне внешнего смешения в каждом контактном элементе барботажный экстрактор установлен фильтр. Одной из задач является исследование жидкостной проницаемости и фильтрующих возможностей неоседающих капель дисперсной фазы этого фильтра. Зона внешнего смешения аппарата и зона отстаивания выполнены в виде смежной емкости, а поток жидкости проходит через фильтр.

Коэффициент сопротивления фильтра должен быть подобран таким образом, чтобы жидкости, поступающие из зоны внутреннего смешения во внешнюю зону смешения, протекали плавно, без образования конденсата. В противном случае гидродинамический режим устройства будет нарушен. Это, в свою очередь, зависит от поверхности пазов, в которые устанавливается фильтр, и относительных контактных поверхностей фильтра.

Скорость вытекания жидкости из фильтра зависит от коэффициента полного сопротивления фильтра. Были проведены теоретические исследования, направленные на определение этих величин.

Расчетная схема фильтра, установленного в зоне внешнего смешения аппарата, представлена на рис. 1.

Из рис. 1 согласно разделу 1–1 на центр фильтра воздействуют статическое давление R_1 в кольцевом канале устройства, давление R_2 снаружи и гидродинамическое давление ΔR протекающей жидкости через фильтр. Тогда сумма полных давлений будет следующей

$$\Delta P + P_1 + P_2, \text{ Па.} \quad (1.1)$$

Мы знаем, что гидродинамическое давление определяется следующим образом.

$$\Delta P = \xi_{\phi} \frac{\omega_c^2 \cdot \rho_{ap}}{2}, \text{ Па,} \quad (1.2)$$

где ξ_{ϕ} – коэффициент сопротивления фильтра, определяемый опытным путем;

ω_s – скорость течения жидкости через фильтр, м/с;

ρ_{ap} – плотность жидких смесей, кг/м³;

Статическое давление определяется по следующей формуле:

$$P_1 = \rho_{ap} gh(1 - \varphi_1), \text{ Па,} \quad (1.3)$$

где h – высота падения уровня жидкости к центру фильтра, м;

φ_1 – величина количества газа во внешней зоне смешения [2, 3];

P_2 , приходящееся на центр фильтра снаружи, определяется следующим образом.

$$P_2 = \rho gh, \text{ Па}, \quad (1.4)$$

где ρ – плотность легкой фазы, кг/м³.

Если подставить значения формул (1.2), (1.3) и (1.4) в уравнение (1.1), то оно будет выглядеть так:

$$\xi_{\phi} \frac{\omega_c^2 \cdot \rho_{ap}}{2} + \rho_{ap} gh(1 - \phi_1) + \rho gh, \text{ Па} \quad (1.5)$$

Если в уравнении (1.5) произвести необходимые математические операции и найти ω_c , то оно будет выглядеть так:

$$\omega_c = \sqrt{\frac{2gh(\rho_{ap}(1 - \phi_1) - \rho)}{\xi_{\phi} \rho_{ap}}}, \text{ м/с}. \quad (1.6)$$

Поскольку внешняя зона смешения и зона отстаивания аппарата выполнены в виде смежной емкости, давление, создаваемое за счет количества газа ϕ_1 , в равной степени зависит от внутренней и внешней сторон фильтрующего центра. Тогда уравнение 2.6 будет выглядеть так:

$$\omega_a = \sqrt{\frac{2gh(\rho_{ap} - \rho)(1 - \phi_1)}{\xi_{\phi} \rho_{ap}}}, \text{ м/с}. \quad (1.7)$$

Размер внутренней и внешней зон перемешивания аппарата проектируется в зависимости от размера извлекаемой жидкости [3]. Определив скорость протекания жидкости через фильтр по формуле 1.7, в зависимости от этой скорости можно определить разность между расходом жидкости, подаваемой в аппарат для экстракции, и расходом жидкости, протекающей через фильтр, т. е. проницаемость жидкости. Это, в свою очередь, требует правильного подбора коэффициента сопротивления фильтра для стабильного течения жидкости при проектировании аппарата.

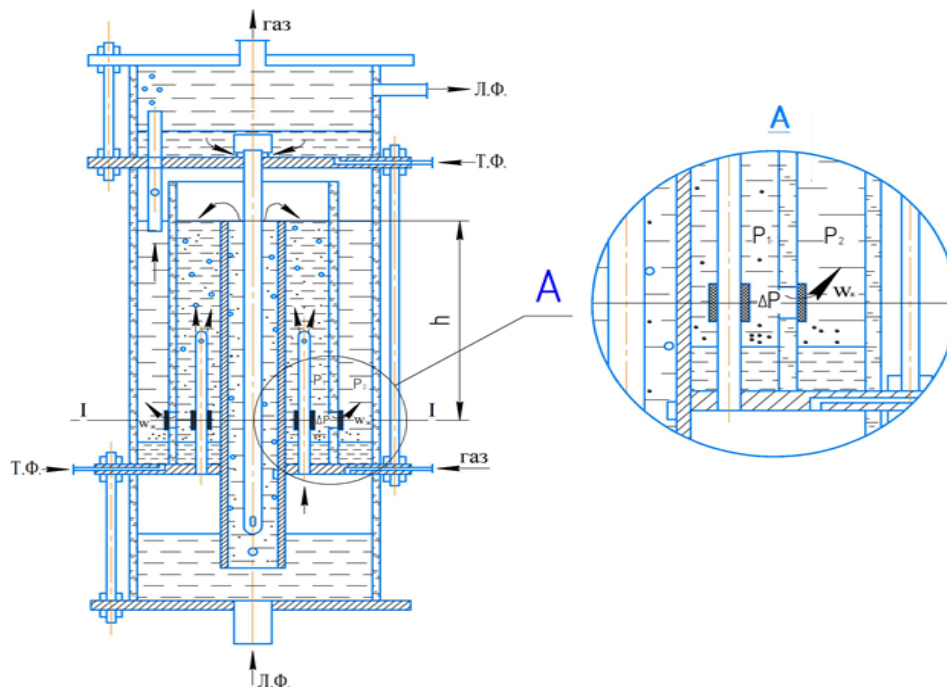


Рис. 1. Схема расчета фильтра

Список использованных источников:

1. Берестовой А.М., Белоглазов И.Н. Жидкостные экстракторы / А.М. Берестовой, И.Н. Белоглазов. – Л. : Химия, 1982. – 208 с.
2. Ягодин Г.А. Основы жидкостной экстракции / Г.А. Ягодин. – М. : Химия, 1981. – 400 с.
3. Каримов И.Т. Контактные поверхности фильтра, удерживающие капли дисперсной фазы, не оседающие в пузырьковом экстракторе / И.Т. Каримов, Б.А. Алиматов, А. Рахмонов // Актуальные проблемы внедрения инновационной техники и технологий на предприятиях по производству строительных материалов, химической промышленности и в смежных отраслях: сборник материалов 1 Международной Научно-практической конференции. – ФерПИ. – Фергана, 2019. – Том 1. – С. 333–336.

РАЗРАБОТКА ОПТИМАЛЬНОГО МЕТОДА ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ КОМПЕНСАЦИИ ЁМКОСТНЫХ ТОКОВ ЗАМЫКАНИЯ НА ЗЕМЛЮ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ЗАВОДОВ

Т.К. Жабборов, к.т.н., доц.

Ферганский политехнический институт

150100, Республика Узбекистан, г. Фергана, ул. Ферганская, 86

E-mail: tulkin_jabborov@mail.ru, t.jabborov@ferpi.uz

Аннотация: В статье рассмотрены вопросы компенсации ёмкостных токов замыкания на землю, повышение надежности систем электроснабжения, резонансная настройка дугогасящих реакторов, типы реакторов, методы выбора оптимального ответвления реактора, существующие неудобства для обслуживающего персонала при регулировании дугогасящих реакторов, определения ёмкостной составляющей тока замыкания на землю, дополнительные затраты и представляющий опасность для электрических сетей.

Ключевые слова: Компенсация ёмкостного тока, реакторы, оптимальные методы регулирования, переключение, резонансная настройка.

Abstract: of compensating capacitive ground fault currents, increasing the reliability of power supply systems, resonant tuning of arc suppression reactors, types of reactors, methods for selecting the optimal reactor branch, existing inconveniences for operating personnel when regulating arc suppression reactors, determining the capacitive component of the ground fault current, additional costs and poses a danger to electrical networks.

Keywords: Capacitive current compensation, reactors, optimal control methods, switching, resonant tuning.

Основной текст. Существенного улучшения режима компенсации ёмкостного тока замыкания на землю и повышение надежности системы электроснабжения можно достигнуть вблизи резонансных настроек индуктивности дугогасящих реакторов с ёмкостью электрической сети. Находящиеся в эксплуатации дугогасящие реакторы серии ЗРОМ (заземляющий реактор однофазный масляный) и вновь выпускаемые промышленностью серии РЗДСОМ (реактор заземляющий дугогасящий однофазный масляный) имеют ступенчатое регулирование индуктивности [1] и в соответствии [2], требуется их настройка с некоторой перекомпенсацией, близкой к резонансу.

Существующие методы выбора оптимального ответвления реактора, близкого к резонансному режиму сети, создают ряд неудобств для обслуживающего персонала, так как они при каждой настройке требуют проведения специальных опытов и расчетов с целью определения ёмкостной составляющей тока замыкания на землю, связанных с дополнительными затратами и представляющими опасность для электрических сетей.

В соответствии с [3] переключение ответвлений реактора со ступенчатым регулированием индуктивности требуется производить при отключенном реакторе. При этом определение проводимостей фаз значительно упрощается. Для этого достаточно произвести измерение напряжения несимметрии при отключенном реакторе, также напряжения и тока на подключенном реакторе и тока (\underline{U}_0 , \underline{I}_0). Тогда комплексная проводимость эквивалентной трехфазной сети может быть представлена формулой:

$$\underline{Y}_\Sigma = g_\Sigma + j\omega C_\Sigma = \underline{I}_0 / (\underline{U}_0 - \underline{U}_{nc}). \quad (1)$$

Если пренебречь активными сопротивлениями реактора и утечками сети, то из (1) получим выражение для результирующей ёмкостной проводимости несимметричной трехфазной сети:

$$\omega C_\Sigma = \omega(C_A + C_B + C_C) = \underline{I}_0 / (\underline{U}_0 + \underline{U}_{nc}). \quad (2)$$

Знак перед \underline{U}_{nc} соответствует режиму компенсации.

Напряжение несимметрии \underline{U}_{nc} может быть определено и расчетным путем с помощью измерений токов и напряжений реактора для двух его режимов работы или очередной установке двух ответвлений по формуле:

$$\underline{U}_{nc} = (\underline{U}_{01} \underline{I}_{02} - \underline{U}_{02} \underline{I}_{01}) / (\underline{I}_{02} - \underline{I}_{01}), \quad (3)$$

где индексы 1, 2 отнесены к соответствующему режиму или ответвлению.

Пренебрежение активной проводимостью сети может привести к значительной ошибке. Поэтому рекомендуется определять ёмкостную проводимость с учетом активных сопротивлений реактора и утечек сети.

Эквивалентная схема трехфазной сети с компенсацией ёмкостных токов (рис. 1) в нормальном режиме представляет собой колебательный контур, состоящий из последовательно соединенных эквивалентной ёмкости трехфазной сети и индуктивности дугогасящих реакторов.

Активные сопротивления r_3 и r_k обусловлены активной проводимостью фаз в реакторе. Приложенное к контуру напряжение \underline{U}_{nc} зависит от коэффициента несимметрии сети, т. е. от соотношения емкостных проводимостей отдельных фаз.

Векторные диаграммы, соответствующие эквивалентной схеме (рис. 1, а) построены, для случаев перекомпенсации (рис. 1, б) и недокомпенсации (рис. 1, в). На диаграммах введены следующие обозначения: $I_0 R_k$ и $I_0 \omega L_k$ – активная и реактивная составляющие напряжения \underline{U}_0 на реакторе; $I_0 R_3$ и $I_0 / \omega C_3$ – активная и реактивная составляющие напряжения на элементах R_3 и C_3 ; I_0 – ток в цепи эквивалентной схемы; \underline{U}_{BC} – линейное напряжение сети, принятое в качестве опорного.

Из эквивалентной схемы и векторных диаграмм могут быть получены следующие соотношения:

$$\omega C_3 = I_0 / [U_{nc} \sin(\beta - \alpha) + U_0 \sin(\varphi - \beta)],$$

$$(4) G_3 = I_0 / [U_{nc} \sin(\beta - \alpha) - U_0 \sin(\varphi - \beta)]. \quad (5)$$

Между результирующими G_Σ , ωG_Σ и эквивалентными проводимостями G_3 и ωC_3 имеют место следующие отношения:

$$\omega C_\Sigma = \omega C_3 / [1 + (\omega C_3 / G_3)^2], \quad (6)$$

$$G_\Sigma = G_3 / [1 + (G_3 / \omega C_3)^2]. \quad (7)$$

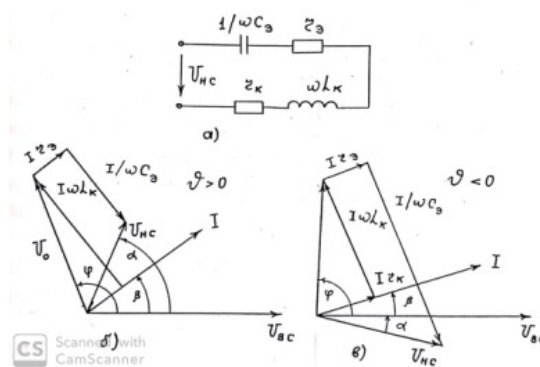


Рис. 1. Эквивалентная схема замещения трехфазной сети и соответствующие ей векторные диаграммы

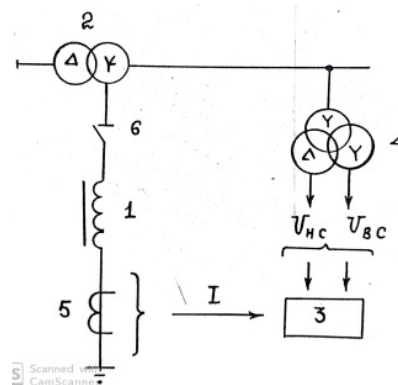


Рис. 2. Схема определения знака расстройки компенсации

В реальных сетях активная проводимость, как правило, много меньше емкостной. С целью уменьшения погрешности при определении G_3 по формуле (5) требуется достаточно точное измерение всех углов. В тоже время емкостная проводимость вычисляется с высокой степенью точности при любых расстройках компенсации. Если в некоторых сетях напряжение \underline{U}_{nc} мало, то требуется искусственное увеличение этого напряжения известными способами.

Опытное определение емкостной и активной проводимостей по формулам (6) и (7) предусматривает следующий порядок измерений.

1. При отключении реактора с помощью вольтметра и фазометра измеряем, напряжение \underline{U}_{nc} и его фазу α относительно линейного напряжения \underline{U}_{BC} (вместо напряжения \underline{U}_{BC} может быть принято любое другое линейное напряжение сети).

2. Подключается реактор, и измеряются напряжения на зажимах реактора \underline{U}_0 и ток его цепи \underline{I}_0 , а также фазы этих величин относительно напряжения \underline{U}_{BC} , т. е. угла φ и β (рис. 2).

По результатам измерений степень расстройки компенсации находится по формуле:

$$\nu = 1 - I_0 / [\omega C_2 U_0 \sin(\varphi - \beta)]. \quad (8)$$

Таким образом, предложенный метод позволяет определять проводимости фаз и степень расстройки с высокой точностью при наименьших затратах на измерения с использованием отключения реактора в момент переключения его ответвлений.

Предложенный метод определения проводимостей и знака расстройки компенсации дает ряд технических преимуществ:

1. Проведение опыта не требует применения специальных устройств, для этого достаточно иметь только фазоизмерительный прибор-векторметр или фазометр, а также амперметр и вольтметр.

2. Величина проводимости фаз и знак расстройки находятся с достаточной точностью без предварительного определения ориентировочного значения активной и емкостной проводимостей рассматриваемой сети. Погрешность измерений определяется классом точности измерительных трансформаторов и приборов.

3. Наличие в сетях высших гармонических составляющих тока не влияет на точность измерений, так как через ДГР они практически не проходят ввиду того, что сопротивление реактора возрастает пропорционально росту частоты гармонических составляющих тока.

Отключение дугогасящего реактора от сети с целью определения напряжения несимметрии и его фазы не является недостатком, так как любое переключение ответвления реактора для настройки требует отключения его от сети.

Если отсутствует напряжение естественной несимметрии или его значение недостаточно, то несимметрия создается искусственным путем. При этом не требуется проведение специальных расчетов с целью уменьшения погрешность измерений, необходимо только иметь напряжение на реакторе для получения тока в цепи реактора, достаточного при производстве измерений.

Список использованных источников:

1. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей и правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. – Москва : Росэннерго, 2003. – 275 с.
2. Инструкция по выбору, установке и эксплуатации дугогасящих катушек. – М. : Росэнергия, 2010. – 25 с.
3. Степанов И.Н. Погрешности настройки индуктивности дугогасящих реакторов в резонанс с емкостью электрической сети / И.Н. Степанов, Т.К. Жабборов. – М. : МЭИ: сб. научн. трудов. – 1989. – № 162. – С. 103–111.
4. Беляков Н.Н. Исследования перенапряжений при дуговых замыканиях на землю в сетях 6 и 10 кВ с изолированной нейтралью / Н.Н. Беляков // Электричество. – 1957. – № 5. – С. 31–37.
5. Жобборов Т.К. Разработка устройства автоматического управления ДГР с применением микропроцессорной техники / Т.К. Жобборов // Тезисы респ. науч. техн. конф. – Ташкент, 1989. – С. 78–79.
6. Гамазин С.И. Экономическая эффективность применения микро-ЭВМ для настройки ДГР в системах электроснабжения / С.И. Гамазин, Т.К. Жобборов // Тезисы докл. респ. науч. техн. конф. – Фрунзе, 198. – С. 46–47.

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ПЛАСТОВОЙ ВОДЫ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

*В.Ф. Торосян, к.пед.н, доц.
БУ ВО Сургутский государственный университет
628400, ХМАО г. Сургут, пр. Ленина, 1
E-mail: torosjaneno@mail.ru*

Аннотация: Проведены исследования особенностей характеристик нефтяных вод, выделены основные компоненты химического состава пластовой воды, представлены перспективные технологии эффективной очистки воды нефтяных месторождений.

Ключевые слова: Природные пластовые воды, свойств пластовой воды, химический состав, гибридные системы очистки воды.

Abstract: Studies of the characteristics of oil waters have been carried out, the main components of the chemical composition of formation water have been identified, and promising technologies for effective purification of water from oil fields have been presented.

Keywords: Natural formation waters, properties of formation water, chemical composition, hybrid water purification systems.

Нефть и природные пластовые воды являются неразрывной природной системой нефтегазовой отрасли промышленности. На нефтяных месторождениях пластовые воды используются для технологических процессов большинства стадий, начиная с буровых работ, закачки воды в пласт для поддержания давления, приготовления буровых растворов и, наконец, удаления пластовой воды из пласта. Поэтому очень важно понимать значение воды в нефтегазовой промышленности, изучать особенности свойств различных ее типов и определять ее влияние на пласты [4].

«Пластовые воды» (англ. Formation water; нем. Lagerstättenwasser, Flozwasser; франц. eaus de formation) – подземные воды, циркулирующие в пластах горных пород.

Пластовая вода присутствует в горной породе естественным образом до начала бурения. Это вода, связанная с нефтяным и газовым пластом, и она обладает некоторыми особенными химическими характеристиками. Связанная вода – это ископаемая вода, которая не контактировала с атмосферой, по крайней мере, большую часть геологической эпохи. Она занимает до 20 % пустот.

Классификация нефтяных вод в нефтепромысловой геологии представлена на схеме (рис.1).

Пластовая вода имеет множество вариаций и свойств. Источником попутной воды является один из вариантов, это связанная или пластовая вода. Более ясное представление о свойствах пластовой воды обычно формируется после бурения нескольких скважин на месторождении и определения механизма привода, а также границ и размеров резервуара.

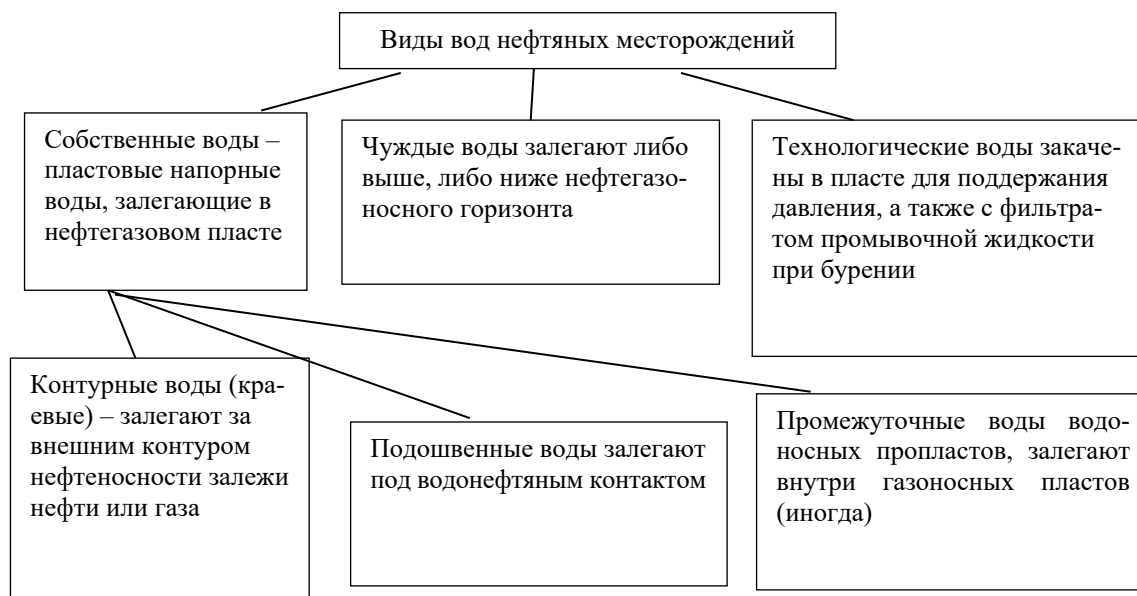


Рис. 1. Классификация нефтяных вод

Понимание свойств пластовой воды является важной частью изучения возможности разработки нефтяного или газового месторождения. При добыче воды могут возникать проблемы с накипью, коррозией и закупориванием, которые требуют специального заканчивания, инструментов и закачки ингибитора для лечения и устранения таких проблем.

Кроме того, требуется оборудование для обработки пластовой воды, чтобы обрабатывать отделенную воду, очищать ее и либо утилизировать в очистных скважинах, либо повторно закачивать в пласт через нагнетательные скважины для обеспечения давления в пласте. Все эти и другие аспекты могут значительно увеличить общую стоимость и повлиять на прибыльность разработки нефтяного или газового месторождения.

Пластовая вода имеет сложный состав, ее составляющие можно разделить на органические и неорганические соединения [5].

Первоначально пластовые воды находятся в растворе с углеводородами в пласте. Эта комбинация жидкости находится в ловушке при определенном давлении и температуре. Углеводороды в пласте остаются насыщенными водой до начала добычи. Обычно поверхности пород-коллекторов покрыты водой или, как это описывается в нефтяной промышленности, как смачиваемые водой породы [6, 7]. Силы уплотнения из осадочных бассейнов приводят к естественному движению, позволяющему жидкости течь из резервуара в ствол скважины после того, как скважина пробурена в пласт. С началом добычи давление и температура падают, вода из раствора превращается в свободную пластовую воду, поступающую вместе с углеводородами. Это падение давления происходит из-за более низкого давления в стволе скважины по сравнению с пластовым давлением, которое инициирует операцию добычи и перемещает углеводороды из пласта в ствол скважины и, наконец, на объекты на поверхности. Обычно на ранних стадиях добычи углеводородов вода добывается в виде эмульсии в относительно небольшом объеме, которая отделяется в сепараторах или наземных резервуарах без какой-либо эмульсионной обработки. Источник этой воды обычно происходит из зон реликтовых вод [8, 9].

Наиболее известным синонимом пластовой воды в нефтегазовой отрасли является понятие рассол, так как в ней присутствуют растворенные твердые вещества в различных концентрациях, среди которых всегда присутствует хлорид натрия (NaCl). Наиболее распространенными элементами в пластовой воде являются натрий (Na^+), кальций (Ca^{2+}), магний (Mg^{2+}), хлор (Cl^-), сульфат (SO_4^{2-}), бикарбонат (HCO_3^-). Есть и другие элементы, которые реже образуют твердые вещества в рассоле, например; Калий (K^+), барий (Ba^{2+}), литий (Li^+), железо (Fe^{2+}), стронций (Sr^{2+}), бикарбонат (HCO_3^-), карбонат (CO_3^{2-}), нитрат (NO_3^-), бром (Br^-), йод (I^-), борат (BO_3^{3-}) и сера (S^{2-}). Все эти элементы растворяются в рассоле в виде катионов и анионов. Концентрации растворенных солей варьируются в разных пластовых водах в зависимости от характера пласта и окружающих факторов. В таблице 1 представлен химический состав пластовой воды одного из нефтяных месторождений Вартовского нефтегазоносного района, относящегося к землям с высокими плотностями потенциальных запасов углеводородов.

Важно отметить, что (в зависимости от месторождения) в пластовых водах могут присутствовать йодистые и бромистые соли щелочных и щелочноземельных металлов, сульфиды натрия, железа, кальция, соли ванадия мышьяка, германия и других. Доминирование в химическом составе пластовых вод ионов Cl^- и Na^+ делает эти химические элементы важными индикаторами техногенной нагрузки на экосистемы. Техногенное засоление почв на нефтяных месторождениях явление [10]. Довольно частое, оно вызвано изливающимися на поверхность техногенными потоками, отличающимися высокой минерализацией вод с преобладанием в солевом комплексе хлорида натрия.

Наличие хлоросодержащих соединений является потенциально опасным для нефтеперерабатывающих процессов и выявляется в процессе очистки технологического оборудования, трубопроводов или резервуаров. Образовавшаяся в реакторах гидроочистки или риформинга соляная кислота приводит к коррозии оборудования, а образование хлоридов приводит к кристаллическим отложениям на трубопроводах и стволах скважин в виде накипи.

Накипь – хорошо известное осаждение, вызываемое водой в нефтяной промышленности. Отложения представляют собой кристаллы, которые обычно образуются в трубопроводах и стволах скважин, особенно вблизи поверхности, при снижении давления и температуры. Они несут прямую ответственность за снижение добычи из-за уменьшения внутреннего диаметра НКТ и во многих случаях могут вызвать полную закупорку. Смешивание двух разных типов несовместимых вод является основной причиной образования накипи, которая является распространенной проблемой после прорыва воды. Наиболее распространенным способом прогнозирования образования накипи является мониторинг солености пластовой воды. Это происходит путем тестирования образцов, которые периодически отбираются из добывающих скважин, для проверки содержания хлоридов. Существуют различные типы накипи, которые обычно образуются в нефтяной промышленности:

- 1) Карбонат кальция CaCO_3 ;
- 2) Гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$;
- 3) Ангидрит CaSO_4 ;
- 4) Сульфат бария BaSO_4 ;

- 5) Сульфат стронция SrSO₄;
6) Соль NaCl.

Таблица 1

Химический состав пластовой воды

Параметр	Значение	Металл	Диапазон (мг/л)
Плотность (кг/м ³)	1014–1140	Ca	13–29,222
Проводимость (мкмСм/см)	4200–58,600	Na	132–97,000
Поверхностное натяжение (дин/см)	43–78	K	24–4,300
Мутность	182	Mg	8–6,000
pH	4.3–10	Fe	<0.1–100
Общий органический углерод (мг/л)	0–1,500	Al	310–410
Термодинамическая система (ТДС)	267,588	B	5–95
Общее количество взвешенных веществ (TSS)(мг/л)	1.2–10,623	Ba	1.3–650
Растворенный кислород (мг/л)	8.2	Cd	<0.005
Масла всего (мг/л)	2–565	Cu	<0.02–1.5
Летучие вещества (VTEX; мг/л)	0.39–35	Cr	0.02–1.1
ТПГ (мг/л)	>20	Li	3–50
Хлорид (мг/л)	80–200,000	Mn	<0.004–175
Бикарбонат (мг/л)	77–3,990	Pb	0.002–8.8
Сульфат (мг/л)	<2–1,650	Sr	0.02–2,204
Сульфит (мг/л)	10	Ti	
NH ₃ -N (мг/л)	10–300	Zn	<0.01–0.7
Фенол (мг/л)		As	0.01–35
Летучие жирные кислоты (мг/л)	0.009–23	Hg	<0.005–0.3
		Ag	<0.005–0.3
		Be	<0.001–0.15
		Ni	<0.001–0.004

Тиоцианат (SCN) представляет собой цианидное соединение, потенциально токсичное для человека и водных организмов. SCN добавляют в буровой раствор в качестве индикатора для водной фазы, в результате в пластовой воде его содержание может достигать высоких концентраций. В большинстве лабораторий содержание роданид ионов не входит в перечень обязательных показателей, определяемых в составе пластовой воды.

В наших исследованиях методом твердофазной спектрофотометрии было определено содержание роданидов в пробах пластовой воды, которое составило 8.56 мг/л. Что значительно превышает ПДК в природной воде.

Извлечение остаточной нефти, углеводородов и важных неорганических компонентов из пластовой воды может значительно компенсировать затраты на ее очистку и позволит повторно использовать ее. Поэтому важна разработка новых методов восстановления ресурсов нефтедобычи [11].

Выбор подходящей технологии очистки для восстановления ресурсов зависит от нескольких факторов, таких как стоимость очистки, состав добываемой воды, экологические стандарты повторного использования воды. Известно, что примерно 95 % этой воды можно очистить и повторно закачать в скважину для повышения нефтеотдачи, однако значительная ее часть остается. В отличие от нефтяных месторождений, на газовых месторождениях закачка воды не применяется. В результате нефтегазовые компании сталкиваются с проблемой поиска экономически эффективных и эффективных технологий очистки для уменьшения содержания загрязняющих веществ в пластовой воде для сброса или повторного использования.

Однако не существует универсально рекомендуемой технологии, обеспечивающей полное соответствие экологическим стандартам и целям переработки и повторного использования. А известные методы очистки сопровождаются существенными недостатками. Например, физические методы уязвимы к изменениям в расходе воды; химическая обработка при очистке пластовой воды приводит к образованию опасного осадка, который требует дополнительных усилий по обработке и удалению, а также больших эксплуатационных расходов, а также весьма чувствительна к первоначальным концентрациям сточных вод. Биологические методы очистки зависят от содержания органических веществ и концентрации солей в поступающих отходах. Все перечисленные факторы ограничивают возможность разработки единой всеобъемлющей технологии по очистке пластовой воды.

Наиболее перспективными технологиями являются мембранные системы, в частности электродиализ и мембранные биореакторы, демонстрируют значительный потенциал для эффективной очистки воды нефтяных месторождений. Эти технологии обеспечивают высокую эффективность удаления загрязнений, компактную конструкцию и возможность восстановления ресурсов.

Современная нефтегазовая промышленность, совершенствуя технологии очистки вод нефтяных месторождений путем разработки гибридных систем, сочетающих в себе множество технологий, и интеграции передовых процессов очистки, а также продвигая методы ответственного управления водными ресурсами, может значительно смягчить воздействие добываемой воды на окружающую среду. А следовательно, нефтяная промышленность внесет свой вклад в развитие более устойчивого энергетического сектора, обеспечивающего улучшение экологии окружающей среды и расширение сырьевой базы.

Список использованных источников:

1. Линник Р.П. Методы исследования сосуществующих форм металлов в природных водах / Р.П. Линник, П.Н. Линник, О.А. Запорожец // Методы и объекты химического анализа. – 2006. – Т. 1. – С. 4–26.
2. Золотов Ю.А. Химические тест-методы анализа / Ю.А. Золотов, В.М. Иванов, В.Г. Амелин. – М. : Едиториал, 2002. – 304 с.
3. Вода. Индикаторные системы / В.М. Островская, О.А. Запорожец, Г.К. Будников, Н.М. Чернавская. – М. : Изд-во ВИНТИ, Эконикс, 2002. – 264 с.
4. Пластовые воды нефтяных и газовых месторождений, 2014. – URL: <http://www.geolib.net/oilgasgeology/plastovye-vody-neftyanyh-gazovyh-mestorozhdeniy.html> (дата обращения: 20.04.2024). – Текст: электронный.
5. Статья «Пластовые воды» «neftgaz.ru» : сайт. – URL: <https://neftgaz.ru/techlibrary/geologorazvedka-i-geologorazvedochnoe-oborudovanie/673365-plastovye-vody/> (дата обращения: 20.04.2024). – Текст: электронный.
6. Методы очистки вод: сайт. – URL: <https://www.vo-da.ru/articles/vodopodgotovkamedicine/primenenie-vodyi-v-meditsine> (дата обращения: 20.04.2024). – Текст: электронный.
7. Пластовые воды нефтяных и газовых месторождений: сайт. – URL: <https://www.geolib.net/oilgasgeology/plastovye-vody-neftyanyh-gazovyhmestorozhdeniy.html> – (дата обращения: 20.04.2024). – Текст: электронный.
8. Термин «пластовая вода»: «kniganefiti.ru» : сайт. – URL: <http://kniganefiti.ru/word.asp?word=202-20> (дата обращения: 20.04.2024). – Текст: электронный.
9. Серова В.Н. Оптические и другие материалы на основе прозрачных полимеров : монография / В.Н. Серова. – Казань : КГТУ, 2010. – 540 с.
10. Пластовые воды и их физические свойства. – URL: https://studopedia.su/5_8990_plastovie-vodi-i-ih-fizicheskie-svoystva.html - 22(дата обращения: 20.04.2024). – Текст: электронный.

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ АВТОРОВ

- Аверьянова А.М.* 93
Амелькович Ю.А. 137
Ахрамова Г. 141
Баранникова С.А. 45
Батенков К.А. 66
Бозымбаева К.А. 85
Бутусова В.К. 117
Буялич Г.Д. 47
Буялич К.Г. 47
Бяков М.А. 47
Великанов Н.Л. 10
Верповский С.В. 104
Гиниятова В.А. 76
Глухих К.Д. 93
Горбунов Ф.К. 119
Гусева Т.С. 61
Гутов Н.В. 37
Девойно О.Г. 7
Деменкова Л.Г. 122
Дмитриенко А.Н. 22
Епифанцев К.В. 27
Ефременков А.Б. 30
Жабборов Т.К. 99, 148
Жобборов Б.Т. 146
Захарова А.А. 76, 79, 85, 93
Ибрагимов Е.А. 24, 61
Ильященко Д.П. 37
Исакова А.И. 104
Исхакова П.В. 45
Казанцев С.О. 135, 139
Калинина Н.А. 128, 133, 135
Караулова К.Р. 137
Ковалевская Ж.Г. 22
Козлов В.Н. 54
Корягин С.И. 10
Красова А.В. 126
Крутин М.Н. 111
Кузьменко Е.Д. 13
Куминов П.А. 79
Кутуков Н.Ю. 102
Лаврова Е.В. 37
Лапин А.В. 119
Ларичкин В.В. 119
Лихарев В.Е. 40
Луговцова Н.Ю. 114
Луцко Н.И. 7
Максимов П.Н. 128, 131, 139
Мальчик А.Г. 117
Мананков А.В. 50
Мартемьянов Д.В. 128, 131, 133
Матренин С.В. 13
Мишин И.В. 74
Мясников А.Ю. 16
Нестерук Д.Н. 89
Нозирзода Ш.С. 30
Пань М. 54
Пилецкая Л.И. 7
Поврозник А.А. 81
Полицинская Е.В. 71
Преображенский Д.С. 97
Разумников С.В. 74
Ракина М.С. 143
Рахманова И.А. 50
Родионов П.В. 111
Рожков Д.А. 87
Рожкова Е.В. 34
Розный А.А. 16
Романенко В.В. 81
Ротькина Е.Б. 143
Рудмин М.А. 131
Русин Н.М. 40
Сапрыкин А.А. 24, 34, 57, 61
Сапрыкина Н.А. 57, 61
Сарафанникова А.С. 67
Скоренцев А.Л. 40
Собачкин А.В. 16
Столярова А.А. 111
Татаринцев В.А. 19
Телипенко Е.В. 87
Теслева Е.П. 126
Торосян В.Ф. 151
Ульрих Е.В. 97
Умурзакова Г.Р. 141
Усмонов Ш.Ю. 146
Фисоченко О.Н. 106
Хамракулова Х.А. 141
Чан Т.Х. 133, 135, 139
Чебодаева В.В. 57
Чжан Ц. 54
Шарков О.В. 10
Юаньсюньа Лю 22

Научное издание

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Сборник трудов
XV Международной научно-практической конференции

**Редакционная коллегия предупреждает, что за содержание
представленной информации ответственность несут
авторы и научные руководители**

Компьютерная верстка и дизайн обложки
А.В. Валеева

**Зарегистрировано в Издательстве ТПУ
Размещено на корпоративном портале ТПУ
в полном соответствии с качеством предоставленного оригинал-макета**



ИЗДАТЕЛЬСТВО
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ