



НАУЧНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ МОЛОДЕЖИ И ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС

Материалы VI Всероссийской научно-практической конференции

Санкт-Петербург, 19 мая 2023г.

УДК 082 : 001.8
ББК 94.3
Н34

ISSN 2618-7493

Научный потенциал молодежи и технический прогресс: материалы VI Всероссийской научно-практической конференции. – Санкт-Петербург: НИЦ МС, 2023. – 96 с. – DOI: 10.26160/2618-7493-2023-6.

Оргкомитет:

Балакина Екатерина Викторовна – д.т.н., доцент, профессор кафедры «Техническая эксплуатация и ремонт автомобилей», Волгоградский государственный технический университет, г.Волгоград;

Баубеков Сабит Джумабаевич – д.т.н., профессор, начальник научного отдела, Таразский инновационно-гуманитарный университет, г. Тараз, Казахстан;

Жуков Иван Алексеевич – д.т.н., доцент, заведующий кафедрой машиностроения, Санкт-Петербургский горный университет, г.Санкт-Петербург;

Кугаевский Сергей Семенович – к.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Металлорежущие станки и инструменты», Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, г.Екатеринбург;

Шигин Андрей Олегович – д.т.н., доцент, профессор кафедры «Горные машины и комплексы», Сибирский федеральный университет, г. Красноярск.

Формат издания 60х84/8. Усл. печ. л. 5,58.
Подписан в печать 19.05.23г. Заказ №23-11.
<https://doi.org/10.26160/2618-7493-2023-6>

Учредитель, издатель и распространитель: Жукова Елена Валерьевна
(ИП Жукова Е.В., ИНН 422802805198, ОГРНИП 318420500009778, г.Санкт-Петербург).

Ответственный редактор: Жуков Иван Алексеевич.

Редакция: Научно-исследовательский центр «МашиноСтроение»,
197372, г. Санкт-Петербург, пр. Комендантский, д. 28, корп. 2, оф. 117.
<http://srcms.ru/> E-mail: spbf@srcms.ru

**Научно-исследовательский центр «МашиноСтроение»
(НИЦ МС)**

представляет сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции

«НАУЧНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ МОЛОДЕЖИ И ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС»

ISSN 2618-7493

К публикации принимаются доклады, тезисы, обзоры и краткие сообщения по результатам учебных и научных работ студентов, аспирантов, молодых ученых, их коллег и руководителей. Сборник трудов размещается в полнотекстовом режиме на сайте Научной электронной библиотеки: <http://elibrary.ru>. Все материалы проходят проверку на антиплагиат и «слепое» рецензирование.

Секции конференции:

1. Архитектура, техника и технологии строительства
2. Аэронавигация, авиационная и ракетно-космическая техника
3. Компьютерные и информационные науки, информатика и вычислительная техника
4. Математика и механика
5. Машиностроение
6. Науки о земле, прикладная геология, горное дело, нефтегазовое дело и геодезия
7. Приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии
8. Сельское, лесное и рыбное хозяйство
9. Техника и технологии наземного транспорта
10. Технологии легкой промышленности
11. Технологии материалов, нанотехнологии и материалы
12. Техносферная безопасность и природообустройство
13. Управление в технических системах
14. Физика и астрономия
15. Физико-технические науки и технологии
16. Химия и химические технологии
17. Электро- и теплоэнергетика
18. Электроника, радиотехника и системы связи

Требования к оформлению:

Материалы необходимо подготовить с применением редактора MS Word (doc, docx). Минимальный объем: 3 страницы. Формат страницы: А4. Ориентация: книжная. Поля: со всех сторон – 2,5см. Шрифт: Times New Roman. Кегль: размер основного кегля – 14, абзац – 1,25см, межстрочный интервал – одинарный. Расстановка переносов не допускается. В текст статьи включаются ключевые слова и аннотация (размер шрифта 12). Формулы: набираются с использованием встроенного редактора формул со стандартными размерами по умолчанию: основной – 12, крупный индекс – 7, мелкий индекс – 5, крупный символ – 18, мелкий символ – 12. Максимальный размер рисунка по ширине – 11см. Список литературы должен содержать минимум 3 источника. В конце приводятся сведения об авторах.

Для рассмотрения вопроса опубликования необходимо отправить в адрес редакции по электронной почте текст доклада (на русском языке) и заявку на участие в конференции.

Подробнее об издании на сайте: <http://srcms.ru/npmitp.html>

СОДЕРЖАНИЕ

Архитектура, техника и технологии строительства

Дружинина М.В, Аболенцева А.С., Калинина Н.С. Способы реставрации медицинских зданий	5
Дружинина М.В, Аболенцева А.С., Калинина Н.С. Способы создания комфортной среды в интерьерах детских лечебно-профилактических учреждений.....	8
Терентьева Э.А. Описание благоустройства территории в парке Победы п. Морки в РМЭ	11

Компьютерные и информационные науки, информатика и вычислительная техника

Фомин Е.Г., Карасева Е.И. Анализ реализации и исследование возможных вариантов улучшения интерфейса ленты фотохостинга	13
--	----

Машиностроение

Юсов Д.С., Яцына А.Э., Иванов С.Л. Обоснование и выбор структуры и параметров мероприятий технического обслуживания и ремонта гидрофицированной погрузочно-доставочной машины амкадор.....	16
Носенко В.А., Сердюков Н.Д. Исследование влияния СОЖ на интенсивность шаржирования поверхности титанового сплава	19
Сизо А.А., Литвинов А.Е. Экспериментальные исследования шума шлифовально-ленточных деревообрабатывающих станков.....	21
Нармушкин Д.А., Филин Д.С. Исследование характера влияния отдельных технологических факторов при реализации операции продольного выдавливания с предварительной калибровкой.....	25
Бадахов Г.А., Кирищев В.И., Мукутадзе М.А., Зиновьев Н.В., Шведова В.Е. Микрополярные смазочные материалы в подшипнике с металлическим покрытием опорного профиля ползуна	29
Тимофеев Н.А. Основные вопросы, возникающие при ремонте делительных пар прецизионных зубофрезерных станков.....	35
Скрипцов Д.Р., Пишулин А.Ю., Леонов С.Д., Боев Д.В., Шаповалов А.И. Исследование стойкости к абразивному изнашиванию эластомерных покрытий.....	38
Бакурова Ю.А., Федорова Е.М. Исследование влияния температуры объекта на точность измерений на примере детали «Втулка направляющая»	42
Вагапова Э.А., Иванов С.Л. Гидромеханизированная добыча торфяного сырья интенсификацией процесса влагоотделения	44
Чериченко В.В. Снижение риска отказа комплекса оборудования прокатного стана как сложной технической системы	46
Ануфриев К.А., Репин С.В. Структурная надежность машин с трансформируемыми отвалами	48

Науки о земле, прикладная геология, горное дело, нефтегазовое дело и геодезия

Неледва Н.О., Никитин Е.К., Комаров В.Н. Методическое значение темы “Археоциаты” в образовательном процессе.....	50
--	----

Вайтиева Ю.А., Волкова Е.А., Качалина М.Д., Комаров В.Н. Новые данные об эпибионтах и следах жизнедеятельности сверлильщиков на раковинах брахиопод.....	52
Солодовников А.Ю. О некоторых итогах развития трубопроводного транспорта углеводородов в ХМАО-Югре.....	54
Силина А.Р., Федорова А.Р., Дамрин А.Г. 3D-моделирование при помощи аэрофотосъемки.....	56
Климов В.В., Терентьев В.В., Нетребко А.А., Третьяк К.А. Разработка инновационного устройства и новой технологии для определения мест негерметичности обсадных колонн в нефтегазовых скважинах	58

Технологии материалов, нанотехнологии и материалы

Марьина У.А., Небытов П.А., Федоренко Н.В., Мурадов С.Ю. Изучение структурных и люминесцентных свойств $Y_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}$, синтезированного с использованием комбинации плавней H_3BO_3 и BaF_2	61
Альобаиди Дия А.Н., Ларсен О.А., Самченко С.В. Исследование оптимального гранулометрического состава кварцевого песка в доломитовом отсеке для бетона в условиях сухого жаркого климата.....	63

Техносферная безопасность и природообустройство

Замараев Я.Ю., Стефаненко В.Т. Техничко-экономическая оценка установок беспылевой выдачи кокса.....	69
Волохина А.Т., Глебова Е.В., Воробьев П.С. Аналитический обзор текущей деятельности в формировании культуры безопасности предприятий нефтегазовой отрасли	71
Филипова Н.С., Волохина А.Т., Глебова Е.В. Оценка коммуникативной совместимости как метод снижения производственного травматизма на объектах ТЭК	73

Управление в технических системах

Хуснутдинов А.Ф. Перспективные методы оценки технического состояния гидравлической системы горнодобывающего оборудования	78
--	----

Химия и химические технологии

Чижик И.Д., Васильев А.А. Применение арсенатирующего обжига для переработки упорных золотосодержащих концентратов, характеризующихся двойной упорностью	81
Конкин С.Н., Лебедев А.Б. Повышение скорости спекания окатышей при полной замене связующего бентонита на красный шлам	84

Электро- и теплоэнергетика

Тихомиров Е.О. Специальная роботизированная установка для дуговой наплавки торца рельса.....	86
Голобоков С.В., Филатов Д.Г., Тихомирова А.А. Снижение тепловой нагрузки электродвигателей	89
Никулина Е.Н., Ларин Е.А. Анализ исследования эффективности газотурбинных установок на базе топливных элементов.....	93

СПОСОБЫ РЕСТАВРАЦИИ МЕДИЦИНСКИХ ЗДАНИЙ

Дружинина М.В., Аболентцева А.С., Калинина Н.С.

Государственный университет по землеустройству, Москва

Ключевые слова: реставрация, архитектура медицинских зданий, памятники архитектуры, модернизация, функциональное приспособление зданий.

Аннотация. В статье рассматривается история формирования архитектурного образа медицинских зданий, процессы реставрации и модернизации объектов здравоохранения, возможности применения аддитивных технологий при реставрации памятников архитектуры.

METHODS FOR RESTORATION OF MEDICAL BUILDINGS

Druzhinina M.V., Abolentseva A.S., Kalinina N.S.

Moscow State University of Land Use Planning, Moscow

Keywords: restoration, architecture of medical buildings, architectural monuments, modernization, functional adaptation of buildings.

Abstract. The article discusses the history of the development of the architectural appearance of medical buildings, the processes of restoration and modernization of medical institutions, the possibility of using additive technologies in the restoration of architectural monuments.

Архитектурный образ медицинских зданий складывался в течение многих лет: от первого военного госпиталя в Москве (Лефортовский госпиталь) в классическом стиле, до первых советских типовых проектов поликлиник и больниц и построек современности. Объекты здравоохранения нуждаются в своевременной реставрации ввиду уровня износа конструктивных элементов и отделки, и необходимости соответствия современным нормам, предусмотренным для медицинских зданий. При невозможности соблюдения требований для размещения современных инженерных систем и специального оборудования необходимо предусмотреть проект приспособления медицинского здания для перепрофилирования. Решение о реставрации здания подразумевает тщательное обследование конструктивной системы на предмет износа и повреждений, фасадов, и определение необходимых мероприятий для сохранения архитектурного облика здания [1] или же его усовершенствования – модернизации. Благодаря современным технологиям- 3d-сканированию, 3d-печати, лазерному сканированию, ускоряется процесс реставрации зданий, появляется возможность преобразовать объем здания в трехмерную модель, более точно отреставрировать декоративные элементы памятников архитектуры, снизить стоимость и сроки выполнения реставрационных работ.

Аддитивные технологии могут быть применены при реставрации лепного декора и деталей ордерной системы, позволят создать цифровую копию элементов и при необходимости в короткий срок отреставрировать тот или иной фрагмент в будущем [2]. Данные технологии реализуются в жилом строительстве, создании конструктивных элементов, арт-объектов, реставрации объектов культурного наследия, и станут актуальными в архитектуре медицинских зданий учитывая все преимущества 3d-печати и сканирования [3].

В реставрации объектов здравоохранения существует два основных пути: сохранение здания, при необходимости проведение мероприятий по модернизации, или закрытие медицинской организации и дальнейшее перепрофилирование здания под другое функциональное наполнение. Примером модернизации объектов здравоохранения являются поликлиники Москвы, которые в ходе работ по улучшению внешней и внутренней отделки, и формированию новой планировочной структуры, получают вторую жизнь и обновленный архитектурный образ. На ряду с уже утвержденными технологическими решениями, в качестве дополнения могут быть применены аддитивные технологии для создания отдельных фрагментов фасада и элементов благоустройства. Данный подход к сохранению существующего фонда застройки медицинских зданий становится новым этапом в жизненном цикле объектов здравоохранения. Далее будут описаны медицинские здания – памятники архитектуры в Москве, степень их сохранности, и возможности применения аддитивных технологий при дальнейшей реставрации данных сооружений.

Одним из ярких примеров объектов здравоохранения, сохранивших свою изначальную функцию, является странноприимный дом Н.П. Шереметева, построенный в 1810 г. по проекту Д. Кваренги. С 1919 года в здании располагалась станция скорой помощи, а с 1923 года по сегодняшний день – один из корпусов НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского (рис. 1). Здание выполнено в классическом стиле, благодаря своевременной реставрации находится в хорошей степени сохранности. Для дальнейших реставрационных работ следует выполнить 3d-сканирование декоративных фасадных элементов, для создания цифровой копии.

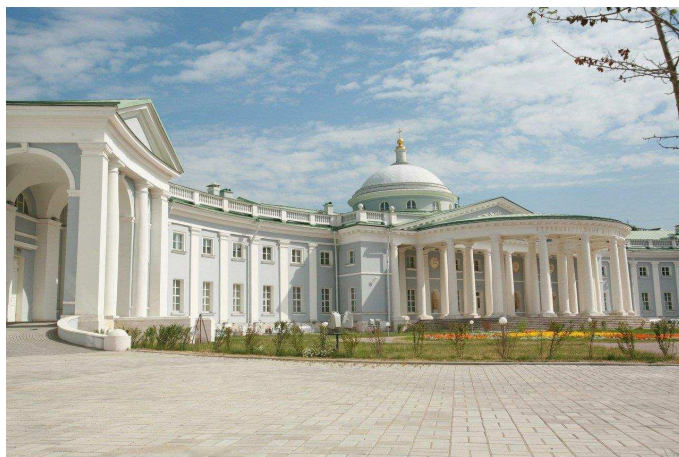


Рис. 1. Странноприимный дом Шереметева в Москве, вид с Садового кольца

Не всегда удастся сохранить первоначальную функцию здания. Виною тому может быть множество факторов: частая смена владельцев здания, обрушение конструкций и фасадов, градостроительные факторы и многое другое. В таких случаях здание закрывают, или приспособливают под иное функциональное наполнение. [4] Так, из-за градостроительной ситуации пришлось закрыть и приспособить под другие функции здания роддома им. Грауэрмана (рис. 2). После образования Нового Арбата постройки оказались прямо возле дороги, уровень шума и выбросов от которой со временем только увеличивался, и в 1991 году медицинское учреждение было закрыто, а здания были адаптированы под общественную функцию, теперь в здании расположены кафе и магазины.



Рис. 2. Здания бывшего роддома им. Грауэрмана

Печальным примером является закрытый родильный дом имени Клары Цеткин. Здание 1891 года постройки, с 1990-х годов закрыто и разрушается. (рис.3) Данный пример демонстрирует худший исход для памятника архитектуры. Пострадали флигели, фасады здания, кровля. Применение технологий 3d-сканирования, перевод объема здания в трехмерную модель и дальнейшее восстановление утраченных элементов с помощью 3d-печати могло бы помочь сохранить объект культурного наследия федерального значения, ускорить реставрационные работы, создать цифровую базу фасадных элементов для удобства использования при последующих реставрационных работах.



Рис. 3. Здание бывшего роддома имени Клары Цеткин

Своевременная реставрация зданий с применением современных технологий поможет сохранить архитектурное наследие для будущих поколений, восстановить утраченные элементы памятников архитектуры и обновить архитектурный облик исторических проектов поликлиник и больниц.

Список литературы

1. Кутнякова В.В., Морозова Н.Е., Весовая К.Ю., Воробьева М.А. Определение технического состояния строительных конструкций для реконструкции здания поликлиники // Вестник евразийской науки. – 2019. – №5. – С. 53.
2. Апаев А.М. Применение аддитивных технологий в реставрации архитектурного наследия // Молодой исследователь Дона. – 2020. – №3. – С. 180-182.
3. Симакова Е.А., Селякова К.И., Кравченко Д. Применение 3D-печати в строительстве // Инженерные исследования. – 2021. – №1. – С. 3-11.
4. Баликоев А.А., Гаджиев У.М., Зайнудинов Ш.К., Баликоева М.С. Восстановление архитектурного облика здания с учетом исторического прошлого // Инновации и инвестиции. – 2023. – №3. – С. 237-241.

Сведения об авторах:

Дружинина Мария Владимировна – магистрант;

Аболенцева Анастасия Сергеевна – магистрант;

Калинина Наталья Сергеевна – доцент кафедры Архитектуры.

СПОСОБЫ СОЗДАНИЯ КОМФОРТНОЙ СРЕДЫ В ИНТЕРЬЕРАХ ДЕТСКИХ ЛЕЧЕБНО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ УЧРЕЖДЕНИЙ

*Дружинина М.В., Аболенцева А.С., Калинина Н.С.
Государственный университет по землеустройству, Москва*

Ключевые слова: комфортная среда, проектирование медицинских учреждений, интерьерные пространства, детские лечебные учреждения, архитектура медицинских зданий, аддитивные технологии в архитектуре.

Аннотация. Рассматривается проектирование интерьерных пространств детских медицинских учреждений, способы создания комфортной среды, восприятие архитектурной среды посетителями младшего возраста, формирование игровых пространств и зон ожидания, возможности использования аддитивных технологий в интерьерах детских пространств.

METHODS OF FORMATION A COMFORTABLE SPACE IN INTERIORS OF CHILDREN HEALTHCARE FACILITIES

*Druzhinina M.V., Abolentseva A.S., Kalinina N.S.
State University of Land Use Planning, Moscow*

Keywords: comfortable environment, design of medical institutions, interior spaces, children's healthcare facilities, architecture of medical buildings, additive techniques in architecture.

Abstract. Design of interior spaces in children's healthcare facilities, methods of creating comfortable spaces, perception of the architectural environment by younger visitors, formation of play spaces and waiting spaces, possibilities of using additive technologies in interiors of children spaces.

Изменения в архитектуре лечебно-профилактических учреждений сопровождаются переосмыслением подходов к проектированию интерьерных пространств, разработкой новых решений с учетом возрастной категории посетителей и особенностей формирования комфортной среды. Перед архитекторами, работающими с медицинскими сооружениями, стоит непростая задача – снижение уровня стресса у посетителей и у персонала посредством создания психологически комфортных пространств, соблюдая все существующие требования к проектированию медицинских зданий при сжатых сроках на проектирование и возведение. Аддитивные технологии, которые подразумевают создание объектов из трехмерных моделей посредством 3D-печати, помогут ускорить и упростить процесс создания отдельных составляющих интерьеров.

В архитектуре детских пространств необходимо учесть множество факторов: цвет, фактура отделочных материалов, необходимость оснащения эргономичной мебелью для всех возрастных групп посетителей, в том числе сантехническими приборами, освещение, наличие игровых зон и комфортных пространств матери и ребенка, и многие другие. При проектировании интерьеров детских лечебных учреждений важно помнить, что мышление детей по большей части является образным, и комфортная архитектурная среда наряду с множеством факторов способствует гармоничному развитию ребенка, формируя и закрепляя в подсознании «правильные» образы и ассоциации. Далее будет рассмотрена значимость каждого из аспектов формирования интерьерных пространств.

Колористическое решение имеет непосредственное влияние на психоэмоциональное состояние посетителей, поэтому важно уделить внимание грамотному подбору сочетания цветов. Яркие раздражающие цвета в интерьере способствуют раздражению психики и могут спровоцировать вспышки агрессии и другие проявления синдрома гиперактивности [1], белый цвет необходимо использовать дозированно, так как он может усилить чувство незащищенности, в то время как темные оттенки вызывают тревогу и страх. Медицинские сооружения подразумевают длительное пребывание посетителей, и поскольку детская психика достаточно восприимчива и ранима, цветовая гамма должна быть тщательно подобрана для отделочных материалов, мебели, декоративных элементов, с ориентиром на рекомендации специалистов в области детской психологии [2].

Фактура отделочных материалов и декоративных элементов дополняет общую картину интерьерного пространства. При выборе покрытий пола следует учесть уровень сопротивления скольжению, так как пространство должно быть, в первую очередь, безопасным для посетителей, и на стадии проекта уже необходимо минимизировать возможность возникновения травмоопасных ситуаций. После чистовой отделки стен монтируются поручни – отбойники в качестве дополнительной опоры для посетителей. Разнообразить зоны ожидания и игровые пространства можно с помощью тактильных панелей, которые позволят провести время с пользой для ребенка. Как известно, занятия, направленные на развитие мелкой моторики, помогают запуску речи [3], формируют восприятие предметов и фактур, это особенно необходимо для детей с офтальмологическими заболеваниями, расстройствами нервной системы и отставанием в развитии от сверстников. Для создания игровых пространств с лечебным

эффектом можно использовать ортопедические напольные панели различной конфигурации, степени жесткости, цвета и комбинаций выступающих элементов. Подобные панели могут быть выполнены с помощью технологий 3D-печати, которые позволяют создавать детали различной формы, упрощая и удешевляя процесс изготовления подобных изделий. Внедрение аддитивных технологий в формирование оздоровительных детских пространств разнообразит типовые решения интерьеров поликлиник и больничных комплексов.

Важной составляющей комфортного пространства для детей является эргономичная мебель для всех возрастных категорий, особое внимание необходимо уделить формированию зон ожидания приема и оснащение объектов здравоохранения удобной и продуманной для детей мебелью, а также сантехническими приборами, рассчитанными на посетителей младшего возраста. Аддитивные технологии могут быть также использованы для создания отдельных элементов мебели, стоек информации и инсталляций в составе групп осветительных приборов (рис. 1).



Рис. 1. Интерьер консультативно-диагностического центра №6, Москва

Отдельную роль в любом интерьере играет освещение. Свет является важной составляющей психологически комфортной среды. Важна интенсивность, спектр освещения, грамотное распределение осветительных приборов. В современных проектах медицинских сооружений используют приборы с теплым спектром освещения, который создает ощущение спокойствия и безопасности.

Наличие игровых зон в детских лечебных учреждениях необходимо, ввиду длительного пребывания посетителей в здании, и для организации досуга и снижения стресса у детей следует предусмотреть пространства, которые будут способствовать улучшению эмоционального фона. Игровые зоны могут включать в себя как игровые комплексы, тактильные панели и различного рода развивающие центры, так и пространства для тихого рода занятий. Таким образом, за игрой, дети будут ощущать себя в безопасности, как следствие, понизится уровень стресса и у посетителей, и у персонала. Следует предусмотреть дополнительно комфортные помещения матери и ребенка, оснащенные эргономичной мебелью и всем необходимым для самых маленьких пациентов.

Скульптуры, как одна из составляющих интерьера, могут стать объектами повышенного внимания посетителей, для них необходимо учесть цвет, форму, функцию арт-объекта и его стиль. При создании скульптурных композиций в виде элементов живой природы важно приблизить их внешний вид к реалистичности, это положительно влияет на восприятие мира детьми. Арт-объекты в интерьере детских медицинских учреждений могут быть выполнены как самостоятельные элементы, в виде композиций из нескольких скульптурных элементов, в качестве мебели, инсталляции с подсветкой в общей композиции осветительных приборов. Технологии 3D-печати позволяют создавать различного вида арт-объекты, которые дополняют интерьерные пространства медицинских зданий и сделают их особенными. Применение аддитивных технологий является одним из способов создания комфортной архитектурной среды благодаря широкому спектру возможностей, скорости выполнения тех или иных элементов, стоимости полученных изделий [4]. Использование 3D-печати при формировании интерьерных пространств лечебных учреждений положительно скажется на сроках выполнения работ.

При проектировании новых медицинских зданий или модернизации существующего фонда застройки необходимо учесть все аспекты формирования интерьерных пространств, чтобы создать психологически комфортную среду для посетителей медицинских организаций. Для сокращения ресурсов на строительные работы следует уделить внимание изучению и применению на практике аддитивных технологий, которые широко применяются в архитектуре жилых зданий и создании арт-объектов, для последующего внедрения в архитектуру медицинских зданий.

Список литературы

1. Ефимова Н.Д. Психолого-педагогическая коррекция синдрома дефицита внимания у детей младшего школьного возраста // Вопросы науки и образования. – 2019. – №4. – С. 211-213.
2. Прохоров В.Д. Индивидуально – психологическое восприятие человеком цвета // Вестник науки. – 2019. – №6. – С. 299-304.
3. Уланова Н.В. Мелкая моторика, как эффективное условие развития речи у дошкольников // Вестник магистратуры. – 2014. – №4-2. – С. 34-36.
4. Симакова Е.А., Селякова К.И., Кравченко Д. Применение 3D-печати в строительстве // Инженерные исследования. – 2021. – №1. – С. 3-11.

Сведения об авторах:

Дружинина Мария Владимировна – магистрант;

Аболенцева Анастасия Сергеевна – магистрант;

Калинина Наталья Сергеевна – доцент кафедры Архитектуры.

ОПИСАНИЕ БЛАГОУСТРОЙСТВА ТЕРРИТОРИИ В ПАРКЕ ПОБЕДЫ П. МОРКИ В РМЭ

Терентьева Э.А.

*Поволожский государственный технологический университет, Йошкар-Ола***Ключевые слова:** парк, благоустройство территории, мемориальный парк, функциональное зонирование.**Аннотация.** В данной статье описывается идея планировки парка Победы и его благоустройство, которое отвечает за концепцию развития общественных пространств. Парк в населённой местности разделен на 3 части, одна из которых имеет очень значимую роль, и для сохранения ее роли были даны идеи, как его преобразить участок, построить удобные транзитные пути и придать эстетической красоты.

DESCRIPTION OF THE LANDSCAPING OF THE TERRITORY IN THE VICTORY PARK OF THE VILLAGE OF MORKI IN THE RME

Terenteva E.A.

*Volga Region State Technological University, Yoshkar-Ola***Keywords:** park, landscaping, memorial park, functional zoning.**Abstract.** This article describes the idea of the layout of Victory Park and its landscaping, which is responsible for the concept of the development of public spaces. The park in the populated area is divided into 3 parts, one of which has a very significant role, and in order to preserve its role, ideas were given on how to transform the site, build convenient transit routes and give aesthetic beauty.

Задачи:

- организация функциональных зон;
- построение ДТС и площадок;
- организация существующих МАФ по парку.

Цель: благоустроить данную территорию по концепции парка Победы и придать ему атмосферу патриотизма, красочности и гордости за наших героев ВОВ.

Парк является объектом ландшафтной архитектуры. Крупный массив насаждений, представляющий территорию, на которой элементы ландшафта, сооружения, постройки организованы в определенную объемно-пространственную систему [1]. Парки эксплуатируются для повседневного и проведения периодически массовых мероприятий.

Проектируемый парк Победы имеет в настоящий момент несколько зон: мемориальную, детскую и прогулочную зоны.

Мемориальный парк – парк, на территории которого обеспечивается сохранность мемориальных сооружений и мест, связанных с важными историческими событиями или именами выдающихся людей [2].

Согласно разному характеру участков в границах проектирования уже существует функционально-планировочная организация пространства на 3 части (рис. 1-3), и он принадлежит сохранению, но состояние предлагает изменение.



Рис. 1. Генплан благоустройства парка



Рис. 2. 3D-визуализация

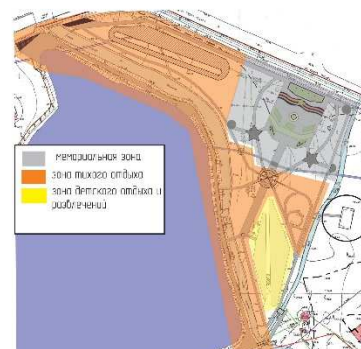


Рис. 3. Функциональные зоны

1 часть участка благоустройства начинается от улицы Карла Маркса (северная сторона плана) до здания кафе «суши бар» – мемориальная зона.

Данный обширный участок будет центром притяжения горожан, благодаря чему активизирует в посетителях интерес к истории и памяти о героях в ВОВ. В знаменательный день, парк нуждается в проектировании большой площадки для комфортного использования территории при скоплении большого количества людей. Для этого пришла идея увеличить площадку мемориальной зоны: начиная

от 1 второстепенного входа до 2 главного входа. Это позволит горожанам при митинге стоять на твёрдой поверхности площадки. На переднем плане спроектирован зелёный участок, где будут выставлены существующие военные бюсты (рис. 4). По середине площадки запланирован МАФ для вечного огня, также под ним будет проходить рисунок из брусчаток георгиевской ленты.

Будет сохранен памятник воинам, погибшим в годы Великой Отечественной войны 1941-1945 (рис. 1) и вокруг него будут спроектированы цветники (рис. 1-2). За цветниками будет полоса, которая напоминает окопы, с хвойными деревьями (Окоп – углубление в грунте, защищающее личный состав подразделения и военную технику от поражения различными видами вооружения. Окопы бывают стрелковые и оружейные). После него спроектированы снова цветники, на которых будут смоделированы памятники в виде птиц, но уже с определенным посылом (рис. 6): птицы – символ свободы, мира и любви. После всего увиденного, посетитель может отдохнуть на месте расположения птиц, подумать и сделать некие выводы о том, что война – не выход.

Далее организованы 5 площадок (2 звезды и 3 круга), благодаря им будет разделение тематических памятников по мини зонам. Это делается для того, чтобы предотвратить соединение стилистически разных памятников уже существующих в парке Победы. Так как, таким образом они разрушают эстетическую красоту мемориальной зоны (рис. 5).



Рис. 4. Бюсты героев



Рис. 5. Памятники



Рис. 6. Птицы

2 часть участка благоустройства начинается с прибрежной части парка и обводит круговую 3 часть участка. Данная часть территории благоустройства формирует транзитный прогулочный маршрут для пешеходов всех групп населения с возможностью прохождения, также мамочек с колясками. Длина всего маршрута около 1 км. В проекте предусматриваются организация удобного и безопасного моста в количестве в 3 шт, которые могут переправить посетителя с парка на прибрежную часть благоустройства территории. Продумано оборудование – навес (высота – 3 м, ширина – 23 м (самая широкая) и длина – 79 м) для защиты от дождя отдыхающих. Внутренней части навеса будут расположены качели, скамейки и крупный цветник – миксбордер.

В прибрежной части парка будут спроектированы деревянные дорожки с открытыми площадками к озеру. Они будут ограждены забором, чтобы предотвратить какое-либо падение в воду. Также в нем будут смоделированы скамейки с навесами от дождя и прямых лучей солнца.

Так как парк находится в некой низине, спуск к нему на зону отдыха будет широким, для того чтобы была возможность удобно спускаться и присесть прямо на лестничной площадке, при этом никому не мешать проходить.

3 часть участка благоустройства находится внутри зоны тихого отдыха, где с 2 сторон расположены канавы. Детская зона расположена внутри зоны для тихого отдыха, чтобы была возможность родителей следить за игрой детей. Датская площадка будет разделена рядовой посадкой деревьев на 2 возрастные категории: 1 – дети от 2 до 12 лет, 2 – дети от 13 до 17 лет. Детская зона с двух сторон окружена мелким водоемом – канава, которое при проектировании не имеет прямого контакта с водой.

Список литературы

1. Дроздов А.В. Ландшафтное планирование с элементами инженерной биологии. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2006. – 239 с
2. Соколова А.Н., Соловьева О.С. Ландшафтное проектирование. Методические указания. – Йошкар-Ола: Научные издания ПГТУ, 2006. – 26с.
3. Зорина Е.М. Ландшафтное проектирование: Методические указания. – Йошкар-Ола: Научные издания ПГТУ, 2006. – 37с.

Сведения об авторах:

Терентьева Эмилия Александровна – студент.

АНАЛИЗ РЕАЛИЗАЦИИ И ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНЫХ ВАРИАНТОВ УЛУЧШЕНИЯ ИНТЕРФЕЙСА ЛЕНТЫ ФОТОХОСТИНГА

Фомин Е.Г., Карасева Е.И.

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, Санкт-Петербург

Ключевые слова: мобильные приложения, UI/UX, интерфейс, фотохостинг, Android, социальные сети.

Аннотация. В статье проводится анализ интерфейса ключевого элемента мобильного приложения Pinterest – ленты с подбором контента. Pinterest не является фотохостингом в привычном понимании термина, сервис сильно расширен элементами социальной сети. Это увеличивает количество функций, которые необходимо реализовать, вынуждает учитывать больше факторов, что усложняет проектирование интерфейса.

ANALYSIS OF THE IMPLEMENTATION AND RESEARCH OF POSSIBLE OPTIONS FOR IMPROVING THE PHOTO HOSTING FEED INTERFACE

Fomin E.G., Karaseva E.I.

Saint-Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Saint-Petersburg

Keywords: mobile application, UI/UX, interface, photo hosting, Android, social network.

Abstract. The article analyzes the interface of the key element of the Pinterest mobile application - a feed with content personalization. Pinterest is not a photo hosting in the usual sense of the term, the service is greatly expanded with elements of a social network. This increases the number of functions that need to be implemented, so there are many factors which must be considered, which complicates design of interface.

Среди интернет-сервисов весомую долю составляют так называемые фотохостинги. Их предназначение следует из названия – они служат для хранения изображений на некотором удаленном сервере, с возможностью в последующем взаимодействовать с ними посредством одной ссылки. Это удобно, т.к. пропадает необходимость иметь постоянный доступ к физическому хранилищу с изображением, появляется возможность использовать контент с любого устройства, для чего достаточно иметь лишь доступ к интернету.

Особое место среди фотохостингов занимают сервисы, которые включают в себя, помимо стандартного для такого рода сайтов функционала, еще и элементы социальных сетей, то есть позволяют выполнять «социальные» функции с контентом – комментирование, реакции, подписка на контентмейкера, связь с ним. Одним из крупнейших представителей такого типа сервисов является Pinterest, основной особенностью которого стал подбор контента для пользователя на основе его интересов. Запущенный в январе 2010 года, Pinterest достаточно быстро обрел популярность. К 2021 году его сервера хранили около 300 млрд изображений [2], а средняя месячная активность в 2022 году составляла около 450 млн пользователей [3].

Нахождение на стыке двух типов сервисов – фотохранилища и социальной сети, накладывает особые требования к интерфейсу приложения, которые не свойственны им по отдельности. Поскольку одним из главных элементов Pinterest является лента с предложениями контента, было решено проанализировать реализацию ее интерфейса в мобильном приложении на момент удобства, интуитивности, ссылаясь на российский стандарт проектирования мобильных интерфейсов ПНСТ 277-2018, опросы пользователей, а также путем логического обоснования удобства/неудобства тех или иных элементов. Пройдёмся по наиболее значимым недостаткам, обнаруженным в ходе проведения работы.

Лента Pinterest вызывается непосредственно в момент каждого запуска приложения (рис. 1,а). Из неё мы можем взаимодействовать с изображением – либо путём зажатия пальца на изображении, которое вызовет меню с опциями, выбираемыми наведением пальца на нужную (рис. 1,б), либо путём нажатия на троеточие (рис. 1,в), либо путём нажатия на само изображение, что вызовет полноэкранное его отображение и опции для взаимодействия с ним (рис. 2,а).

Здесь проявляют себя несколько проблем. Первая – функция зажатия и наведения неудобна, так как требует от пользователя не отпускать палец, пока не будет выбрана нужная опция. При этом угол направления расположения этих опций относительно пальца непостоянен, из-за чего не вырабатывается автоматичность действий. В ходе проведения опроса лишь 17% респондентов сочли данный метод взаимодействия однозначно удобным. Кроме того, 67% заявили, что не используют на постоянной основе одну из функций, продемонстрированных в этом режиме взаимодействия – комментирование пинов, из-за чего ставится под сомнение необходимость ее наличия здесь, т.к. из-за особенностей этого режима он должен в себя включать минимально-возможное количество самых важных функций,

необходимых при просмотре ленты. Использовать другой режим быстрого взаимодействия на постоянной основе – троеточие – не представляется возможным, так как он не включает в себя главную функцию – сохранения изображения. Кроме того, область для вызова меню троеточие мала по размеру, из-за чего случаются ошибочные нажатия («Все элементы интерфейса мобильного приложения должны быть такого размера, чтобы пользователь мог однозначно нажать на них, не прибегая к использованию интерактивного увеличительного стекла и аналогичных средств» [1]).

Решением для данной проблемы может служить либо переработка режима зажатия и наведения, с уменьшением количества пунктов и более удобным путём взаимодействия с опциями, либо же создание другого метода быстрого взаимодействия, который включал бы себя основные опции из двух существующих методов и был бы удобен в вызове.

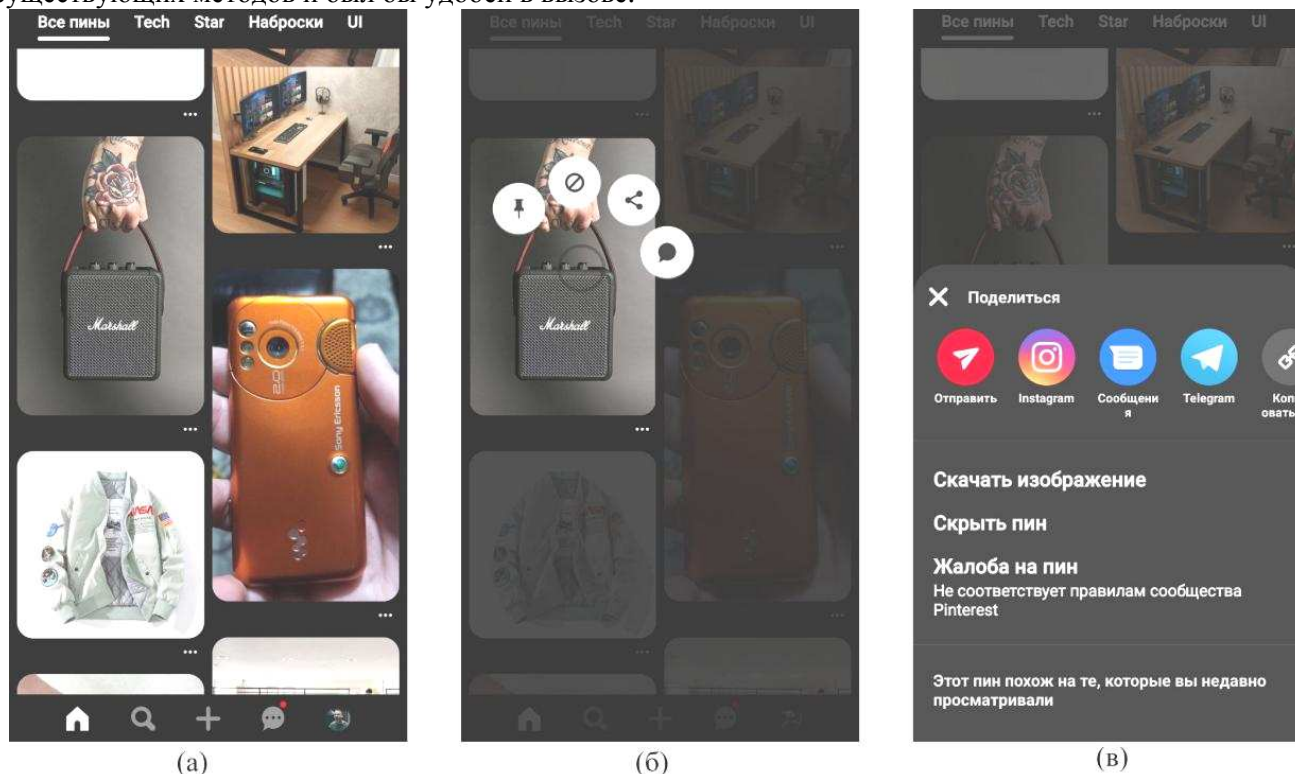


Рис. 1. Лента (а), Наведение и выбор (б), меню на троеточие (в)

Следующей проблемой является дублирование пунктов между разными режимами, экранами, а также в рамках одного экрана. Это перегружает интерфейс лишними элементами, путает пользователя, появляется неопределенность в нахождении необходимого функционала. Около 83% респондентов сочли интерфейс мобильного приложения либо крайне не интуитивным, либо не особо интуитивным, и лишь оставшиеся 17% нашли его максимально удобным.

Проблема может быть заметна в дублировании функций отправки и скрытия изображения между режимом зажатия и наведения и режимом нажатия на троеточие, наличии побочной справочной информации при вызове режима троеточия, которая занимает место на небольшом экране смартфона («Мобильное приложение должно демонстрировать пользователям только необходимую для выполнения задач информацию» [1]). В рамках одного экрана полноразмерного просмотра дважды продублирована функция комментирования, что, занимая лишнее пространство, вносит неопределенность для пользователя (рис. 2,а). Кроме того, полноразмерный режим имеет еще одно меню, вызываемое по нажатию на троеточие (рис. 2,б), имеющие новые функции, отличные от первого режима на троеточие (подписка на автора и копирование ссылки), и при этом эти новые функции уже присутствуют на экране полноразмерного просмотра (рис. 2,а,в). Подобное непостоянство и наличие излишнего дублирования функций приводит к негативным последствиям, запутывая пользователя и перегружая интерфейс.

Решением данной проблемы является полное перераспределение позиций функций в разных режимах, чтобы их нахождение было более очевидным и понятным для пользователя, чтобы присутствовало постоянство в интерфейсе, а дублирование было только по обоснованным причинам (к примеру, дублирование функции сохранения в режимах просмотра ленты и полноразмерного просмотра изображения имеет логическое обоснование, т.к. пользователь может изъявить желание сохранить изображение как при беглом просмотре, так и при более детальном рассмотрении).

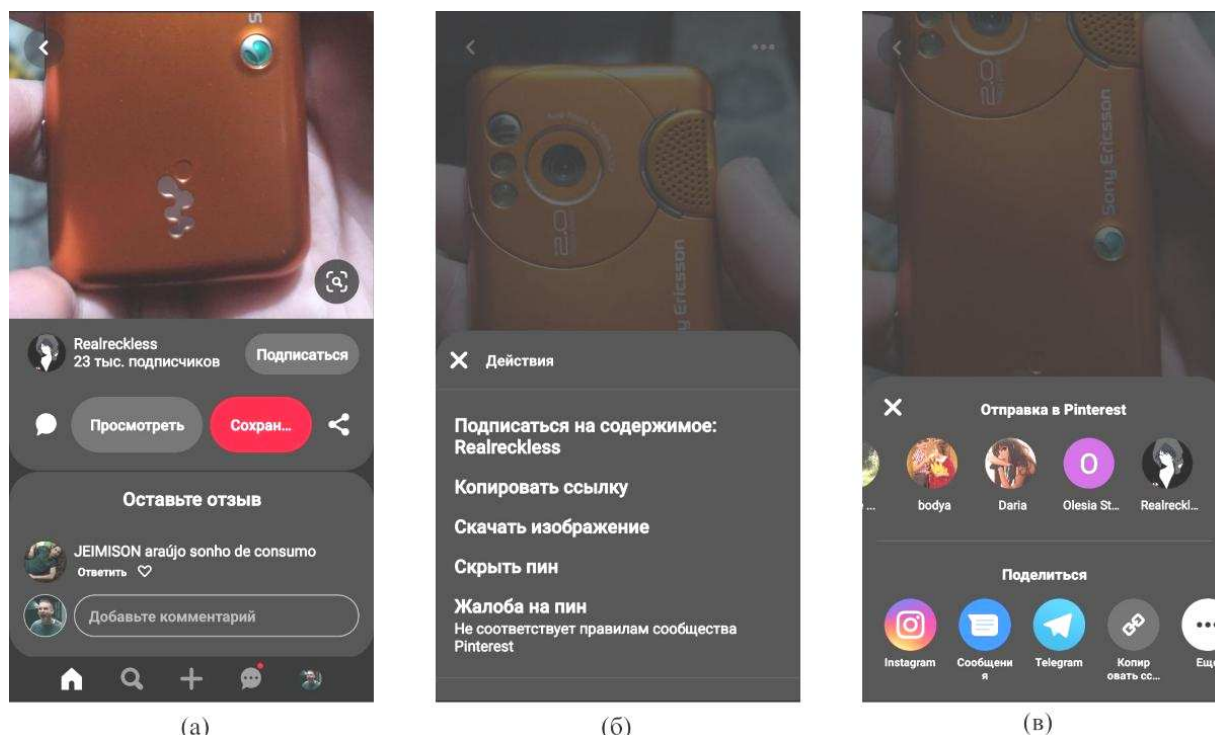


Рис. 2. Полноэкранный просмотр (а), меню на троеточие (б), кнопка поделиться (в)

Обнаруженные недостатки и предложенные методы их решения могут быть использованы при создании ленты для своего приложения данного типа.

Список литературы

1. ПНСТ 277-2018 Российская система качества. Сравнительные испытания мобильных приложений для смартфонов – Москва: Стандартинформ, 2018. – 16 с.
2. Сайт статистики statista [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.statista.com/statistics/463353/pinterest-global-mau/>
3. Сайт статистики DMR [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://expandedramblings.com/index.php/pinterest-stats/>

Сведения об авторах:

Фомин Евгений Георгиевич – магистрант;
Карасева Екатерина Ивановна – доцент.

ОБОСНОВАНИЕ И ВЫБОР СТРУКТУРЫ И ПАРАМЕТРОВ МЕРОПРИЯТИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ГИДРОФИЦИРОВАННОЙ ПОГРУЗОЧНО- ДОСТАВОЧНОЙ МАШИНЫ АМКАДОР

Юсов Д.С., Яцына А.Э., Иванов С.Л.

Санкт-петербургский Горный университет, Санкт-Петербург

Ключевые слова: надежность, техника, техническое обслуживание, экспресс-тест, гидроцилиндр.

Аннотация. Актуальность темы заключается в изменении стратегии технического обслуживания и ремонта с помощью экспресс-тестов и других методов, не предусмотренных существующим регламентом. Цель – выявление закономерностей отказов для обоснования технического решения по изменению текущего технического обслуживания гидрофицированной техники. Методы, используемые в работе: анализ, моделирование, выполнение эксперимента. Результат работы: изменение стратегии технического обслуживания и, как следствие, переход на «техническое обслуживание по фактическому состоянию». Выводы: получение разработанной методики повышения уровня технического обслуживания, применение полученных результатов на практике.

SUBSTANTIATION AND SELECTION OF THE STRUCTURE AND PARAMETERS OF MEASURES FOR MAINTENANCE AND REPAIR OF AMKADOR HYDRAULIC LOADING AND DELIVERY MACHINE

Yusov D.S., Yatsyna A.E., Ivanov S.L.

Saint-Petersburg mining university, Saint-Petersburg

Key words: reliability, technology, maintenance, rapid test, hydraulic cylinder.

Abstract. The relevance of the topic lies in changing the maintenance and repair strategy using express tests and other methods not provided for by the existing regulations. The goal is to identify failure patterns to justify a technical solution to change the current maintenance of hydroficated equipment. Methods used in the work: analysis, modeling, experiment. The result of the work: a change in the maintenance strategy and, as a result, the transition to “maintenance by actual condition”. Conclusions: obtaining the developed methodology for improving the level of maintenance, applying the results in practice.

Принцип работы гидравлической системы заключается в том, что при включении машины АМКАДОР с помощью оператора или автоматики приходит в действие цилиндр ковша и подъемной стрелы, и распределителя. Последний в свою очередь направляет потоки жидкости через систему клапанов под действие нагнетательного насоса.

Важнейшим элементом гидравлической системы является гидроцилиндр, предназначенный для преобразования гидравлической энергии в механическое движение. Он имеет преимущество простой конструкции, а высокая надежность позволяет реализовать линейное возвратно-поступательное движение (или поворотное движение). Может использоваться исключительно или в сочетании с другими компонентами, поэтому он широко используется. Он делится на два типа.

1. Одностороннего действия – движение штока обусловлено повышением давления рабочей жидкости, а возврат в начальное положение обеспечивается пружиной;

2. Двойного действия – движение происходит за счет давления рабочей жидкости, как в поршневой, так и в штоковой полости.

При проектировании гидравлического привода необходимо учитывать множество факторов. Цель состоит не только в том, чтобы каждый элемент выполнял свои функции как можно лучше, но и в том, чтобы все элементы работали вместе наилучшим образом. Необходимо учитывать как механические (например, прочность), так и эксплуатационные (полезность) факторы.

Существует множество программных обеспечений для подбора материалов. Оптимальным материалом является материал, который имеет правильные значения для соответствующих параметров при конкретном применении.

Примером усталостного разрушения можно считать уплотнения в гидроцилиндре. В эксплуатационном паспорте особое место уделяется его своевременной замене. Хотя уплотнения и являются вспомогательными частями гидравлической системы, их изнашивание влечет огромные негативные последствия, в первую очередь возникновение утечек [1]. Загрязнение рабочей жидкости не всегда возникает в ходе эксплуатации с попаданием внутрь пыли или других металлов, но и мельчайшие частицы разрушенной манжеты. Для решения этой проблемы были предложены различные полимерные материалы при изготовлении. Для максимизации производительности уплотнений, предлагается оптимизировать форму напоминающие U-образные и ступенчатые конструкции [2]. Основными механизмами, ответственными за разрушение уплотнения, являются набухание, термическая деградация, деформация и износ, связанные с контактом с другой поверхностью. Они подвергаются воздействию

многих негативных внешних факторов, таких как высокая температура, радиальные нагрузки, агрессивная среда и вредные вещества. При проектировании уплотнений необходимо учитывать диапазон давления жидкости в системе и возможные пики, температурный интервал, скорость штока поршня, тип рабочей жидкости. Все эти факторы влияют на долговечность и производительность всей гидравлической системы. Основными требованиями к системе динамического уплотнения в цилиндрах являются, конечно, низкие коэффициенты трения и утечки, близкие к нулю. При выборе подходящего уплотнительного материала необходимо учитывать, предназначено ли оно только для защиты от утечек или для хорошей работы с движущейся поверхностью и обеспечения максимально возможной герметичности в динамических условиях. В ходе исследований было выявлено следующее: чтобы обеспечить все требования и добиться более низкой вероятности отказа гидросистемы, необходимо изготавливать уплотнения из политетрафторэтилена (ПТФЭ) материала с бронзовым наполнением. ПТФЭ обладает такими свойствами как: отсутствие взаимодействия с химическими элементами, обладает высокими изоляционными способностями, является непроницаемым для любой жидкости. Сравнительно других материалов он более твердый и жесткий со сниженным коэффициентом трения [3].

Был разработан экспресс-тест, для анализа утечки из гидроцилиндра и определения состояния уплотнений, наличие в них разрывов. При привороте винта выпускного клапана, поршень будет опускаться при одинаковой массе с разной скоростью, получаем зависимость полного опускания поршня, представленная на рисунке 1. Значения 0,2 оборота винта в ходе вычисления приблизительно равен 1 мм отверстия. Чтобы избежать погрешности в определении оборотов витков, с помощью разметки угломером тип 2-2 были сделаны насечки. На опорную точку домкрата кладется металлический брусок со стрежнем, который будет нажимать на кнопку остановки секундомера в нижнем положении поршня.

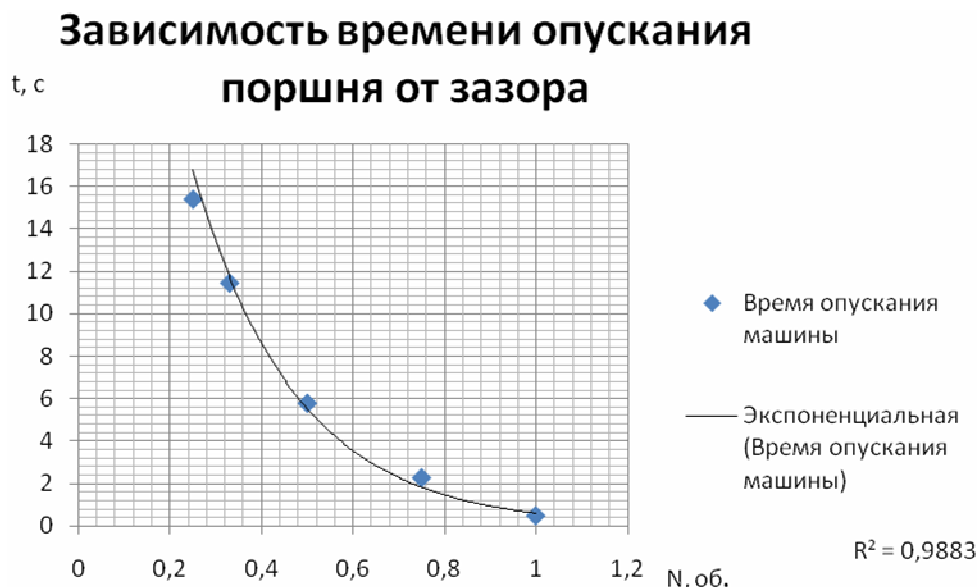


Рис. 1. Зависимость времени опускания поршня от зазора

Коэффициент корреляции, для нахождения статической взаимосвязи всех величин, равен – 0,9464. Это говорит о том, что зависимость между значениями является обратной, а эксперимент имеет достоверный результат.

Для дополнительной проверки эксперимента, проведено моделирование в системе ANSYS упрощенной модели гидроцилиндра ТО-28, установленного в машинах АМКАДОР с рабочей жидкостью фирмы Shell. Результаты времени полного вытекания масла из гидросистемы при поднятом ковше с нагрузкой равной 200Н представлены на рисунке 2.

Местные потери на трение 0,072 МПа.

Характеристики рабочей жидкости Shell:

- 1) кинематическая вязкость при 40 °С : 46 мм²/с; при 100 °С: 9,3 мм²/с;
- 2) плотность: 875 кг/м³;
- 3) индекс вязкости 185;
- 4) температура вспышки в открытом тигле: 185°С;
- 5) динамическую плотность 0,0081 кг/мс.

Зависимость времени вытекания масла от диаметра отверстия

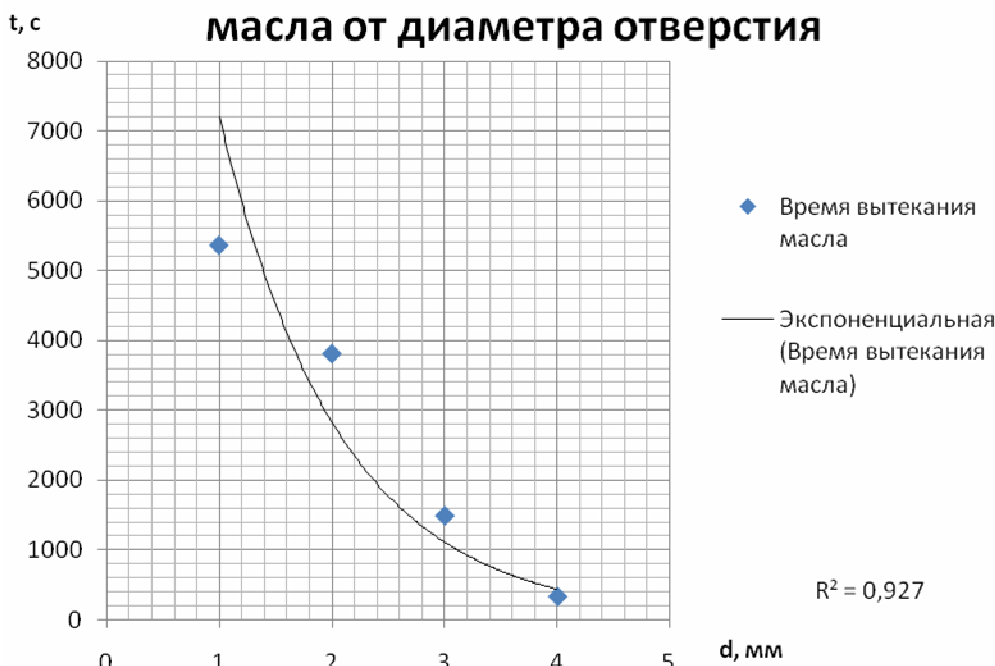


Рис. 2. Зависимость времени вытекания масла от диаметра отверстия

Значения, полученные после моделирования, коррелируются с экспериментальными. Как итог, с помощью экспресс-теста можно достаточно точно давать характеристику состояния уплотнений в гидроцилиндре для предотвращения отказов между плановыми техническими обслуживаниями.

Таким образом, итогом выполнения работы является повышение уровня технического обслуживания ремонта. Для этого собрана статистика отказов, подобран материал уплотнений и его форма, проведен эксперимент по внедрению экспресс-теста, непредусмотренного существующим регламентом технического обслуживания и ремонта для получения первичных данных о состоянии уплотнений в гидроцилиндре.

Список литературы

1. Matuszewski L., Bela P. New Designs of Magnetic Fluid Seals for Reciprocating Motion // Polish Maritime Research. 2021, no. 28(4), pp. 151-159.
2. Nikas G.K. Profile optimization of hydraulic, polymeric, sliding seals by minimizing an objective function of leakage, friction and abrasivewear // Lubricants. 2020, no. 8(4), pp. 40.
3. Skowrońska J., Kosucki, A., Stawiński, Ł. Overview of materials used for the basic elements of hydraulic actuators and sealing systems and their surfaces modification methods // Materials. 2021, no. 14(6), pp.1422.

Сведения об авторах:

Юсов Денис Сергеевич – магистрант;

Яцына Алена Эдуардовна – магистрант;

Иванов Сергей Леонидович – д.т.н., профессор.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОЖ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ШАРЖИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ТИТАНОВОГО СПЛАВА

Носенко В.А., Сердюков Н.Д.

Волжский политехнический институт (филиал) «Волгоградский государственный технический университет», Волжский, Россия

Ключевые слова: шлифование, титановый сплав, карбид кремния, интенсивность шаржирования, смазочно-охлаждающая жидкость.

Аннотация. По результатам проведенных исследований установлено влияние СОЖ на интенсивность шаржирования поверхности титанового сплава продуктами износа шлифовального круга. Наиболее вероятной причиной снижения интенсивности шаржирования является снижение радиального износа инструмента. Использование специальной СОЖ обеспечивает снижение интенсивности шаржирования обработанной поверхности титанового сплава продуктами износа абразивного инструмента.

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF COOLANT ON THE INTENSITY OF EMBEDDING THE SURFACE OF A TITANIUM ALLOY

Nosenko V. A., Serdyukov N. D.

Volzhsky Polytechnic Institute (branch) "Volgograd State Technical University, Volzhsky, Russia

Keywords: grinding, titanium alloy, silicon carbide, embedded intensity, cutting fluid, adhesion.

Abstract. According to the results of the research, the influence of coolant on the intensity of embedding of the titanium alloy surface by the wear products of the grinding wheel was established. The most likely reason for the decrease in embedded intensity is a decrease in the radial wear of the tool. The use of a special coolant reduces the intensity of caricature of the treated surface of the titanium alloy by the wear products of the abrasive tool.

Введение

Шаржирование поверхности является недопустимым дефектом, возникающим в процессе шлифования. Шаржирующие продукты износа, к которым относятся сколовшиеся фрагменты абразивных зерен и керамической связки выступают в роли концентраторов напряжений, снижающих усталостную прочность изделия [1]. Снижение количества шаржирующих частиц является актуальной задачей, особенно для изделий, работающих в условиях знакопеременных нагрузок [2].

В связи с высокой адгезионной активностью титана к абразивному материалу процесс шлифования сплавов на основе титана сопровождается интенсивным взаимопереносом материалов. Обработываемый материал налипает на вершины зерен абразивного инструмента, что увеличивает силу резания, износа инструмента, ухудшает качество обработанной поверхности [4]. Продукты износа абразивного инструмента, переносятся на поверхность титанового сплава. Кристаллы абразивного материала и связки круга, в связи с высокой адгезионной активностью титана переносятся на поверхность металла и внедряются в обработанную поверхность, превращаясь в концентраторы напряжений [3].

Наиболее эффективным способом снижения интенсивности взаимодействия абразивного материала с металлом является введение в зону контакта активной среды. Активные среды можно вводить в зону шлифования различными способами, в частности, в составе смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ). Следует ожидать, что СОЖ также будет оказывать влияние на интенсивность шаржирования.

Методика

В качестве абразивного инструмента использовали шлифовальный круг из карбида кремния: типоразмер – 1 350x20x127, характеристика – 54CF100G10V. Режим шлифования – $V_k = 30$ м/с, $S_{ст} = 12$ м/мин, $T = 0,5$ мм, $t = 0,005$ мм/х. В качестве СОЖ использовали препараты Castrol 9952 и Fuchs S-69CF. Обработывали заготовки из титановый сплав BT1-0. Испытания проведены на прецизионном плоскошлифовальном станке с ЧПУ CHEVALIER модели SMART-B1224 III [5]. Интенсивность шаржирования оценивали по методике [6]. В качестве критериев приняты средние относительные значения площади S_r и количества N_r шаржирующих частиц на 1 мм² шлифованной поверхности.

Результаты и обсуждение

При шлифовании с охлаждением СОЖ Castrol, относительная площадь шаржирующих частиц S_r составляет 171 мкм²/мм², что в 1,4 раза ниже, по сравнению с результатами, полученным при охлаждении препаратом Fuchs (рис. 1,а). Относительное количество шаржирующих частиц N_r снижается на 20% (рис. 1,б).

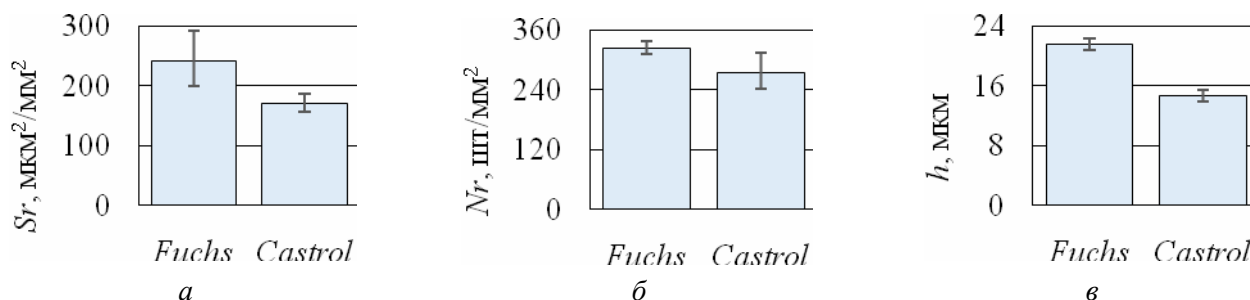


Рис. 1. Влияние СОЖ на показатели шаржирования (а, б) и радиальный износ абразивного инструмента (в)

Наиболее вероятной причиной более низких значений Sr и Nr , полученных при охлаждении СОЖ *Castrol* является уменьшение износа абразивного инструмента. По сравнению с СОЖ *Fuchs* относительный износ абразивного инструмента снижается на 50% (рис. 1, в). Необходимо отметить снижение шероховатости и улучшение морфологии обработанной поверхности, снижение следов интенсивного адгезионного взаимодействия абразивного инструмента с обрабатываемым титановым сплавом. Наблюдается тенденция снижения составляющих силы резания, соответственно температуры резания и вероятности образования шлифовочных прижогов.

Выводы

Установлено влияние СОЖ на показатели шаржирования поверхности титанового сплава продуктами износа абразивного инструмента. Относительная площадь шаржирования снижается на 40%, количество шаржирующих включений на 20%. Определяющим фактором в снижении интенсивности шаржирования следует считать снижения износа абразивного инструмента.

Список литературы

1. Носенко В.А., Фетисов А.В., Кузнецов С.П. Морфология поверхности сплавов d-переходных металлов IV периода после шлифования кругом из кубического нитрида бора // Научно-технические технологии в машиностроении. – 2021. – №11(125). – С. 42-48. – DOI: 10.30987/2223-4608-2021-11-42-48
2. Вьюнов С.А., Гусев Ю.И., Карпов А.В. и др. Конструкция и проектирование авиационных газотурбинных двигателей / Под общ. Ред. Хронина Д.В. – М.: Машиностроение, 1989. – 368 с.
3. Кремень З.И. Технология шлифования в машиностроении. – Санкт-Петербург: Политехника, 2007. – 424 с.
4. Иноземцев А.А., Сандрацкий В.Л. Газотурбинные двигатели. – ОАО «Авиадвигатель», 2006. – 1204 с.
5. Носенко В.А., Белухин Р.А., Фетисов А.В., Морозова Л.К. Испытательный комплекс на базе прецизионного профишлифовального станка с ЧПУ CHEVALIER модели SMART-B1224 III // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2016. – № 5(184). – С. 35-39.
6. Патент №2768518 РФ. Способ определения степени шаржирования металлических поверхностей абразивными зёрнами из сверхтвёрдых абразивных материалов / В.А. Носенко, С.П. Кузнецов, Н.Д. Сердюков. – Заявка №2021114763 от 25.05.2021; опубл. 24.03.2022, Бюл. №9.

Сведения об авторах:

Носенко Владимир Андреевич – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой ВТО ВПИ;

Сердюков Никита Денисович – старший преподаватель.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ШУМА ШЛИФОВАЛЬНО-ЛЕНТОЧНЫХ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ СТАНКОВ

Сизо А.А., Литвинов А.Е.

Кубанский государственный технологический университет, Краснодар

Ключевые слова: уровень шума, шлифование, обработка древесины, звуковое давление, спектры шума, звуковое излучение.

Аннотация. В работе приведены результаты экспериментальных исследований октавных уровней звукового давления гаммы шлифовально-ленточных деревообрабатывающих станков. Зафиксированы октавные уровни звукового давления для различных по твердости пород древесины. Согласно нормативам обработки древесины, рассчитаны уровни шума для различных условий шлифования. Установлены закономерности формирования спектрального состава шума и превышения уровней звукового давления над предельно-допустимыми значениями.

EXPERIMENTAL STUDIES OF THE NOISE OF GRINDING AND BELT WOODWORKING MACHINES

Sizo A.A., Litvinov A.E.

Kuban state technological university, Krasnodar

Keywords: noise level, grinding, wood processing, sound pressure, noise spectra, sound radiation.

Abstract. The paper presents the results of experimental studies of octave sound pressure levels of the range of grinding-belt woodworking machines. Octave sound pressure levels have been recorded for wood species of different hardness. According to the standards of wood processing, noise levels are calculated for various grinding conditions. The regularities of the formation of the spectral composition of noise and the excess of sound pressure levels over the maximum permissible values are established.

Экспериментальные исследования уровней звукового давления шлифовально-ленточных станков проводились для следующих моделей: ШлСЛ-2 и свободной лентой, ШлПС-4 одноленточного и Шл-2ПС двухленточного, Шл-К6 широколенточного в условиях модельного участка литейного производства ЗАО "Донкузлитмаш". Экспериментальные исследования проводились анализатором шума и вибрации "ассистент Total+", класс точности 1, прошедшим метрологическую поверку по методике специальной оценки рабочих мест по условиям труда [1, 2].

В процессе измерений фиксировались октавные уровни звукового давления для условий шлифования мягких и твердых пород древесины для заготовок, имеющих вес в интервале 50-150 м.

Результаты измерений показали, что у всех обследованных моделей "характер" спектров шума практически полностью идентичен.

Различия наблюдаются только в интенсивности звукового излучения для мягких и твердых пород древесины. веса заготовок и состояния шкурки шлифовальных лент (острая, средняя, тупая) [3].

Расчеты уровней шума для различных условий шлифования выполнены согласно нормативам обработки древесины.

Сила шлифования (H) для ленточношлифовальных станков определяется как:

$$P = (k_c + f)(Q + \sigma) \quad (1)$$

где K_c – коэффициент сцепления шкурки с древесиной (табл. 1); $(Q + \sigma)$ – усилие нажима детали на ленту плюс вес детали, H ; $f = 0,4$ – коэффициент трения ленты о стол.

Значение $(Q + \sigma)$ должно отвечать соотношению:

$$(Q + \sigma) \frac{(Q + \sigma)}{F} \leq 3 \text{ кПа}; \quad (2)$$

где F – площадь шлифования, м^2 .

Результаты расчетов показали, что при шлифовании (в отличие от лезвийной обработки древесины) влияние породы древесины при различных состояниях шкурки на изменение уровней звука не превышает 1-1,2 дБА, что сравнимо с погрешностью измерений. Экспериментальные величины составляют 1,5-2 дБ [4].

Табл. 1. Значение коэффициента сцепления K_c

Порода древесины	Состояние шкурки		
	острая	средняя	тупая
мягкая	0,65	0,5	0,4
твердая	0,6	0,45	0,35

Состояние шкурки оказывает заметное влияние на изменение уровней звука. Например, для мягких пород – 4дБА (экспериментальное значение 1,5-2,5 дБА) а для твердых пород – 4,7 дБА (экспериментальное значение 2-3,5 дБА).

Анализ спектров шума (показано на рисунках 1-4) приведен для наиболее шумоактивных режимов шлифования, т.к. именно для этих ситуаций рассчитываются и проектируются системы шумозащиты, которые должны обеспечить выполнение санитарных норм шума в рабочей зоне операторов [5].

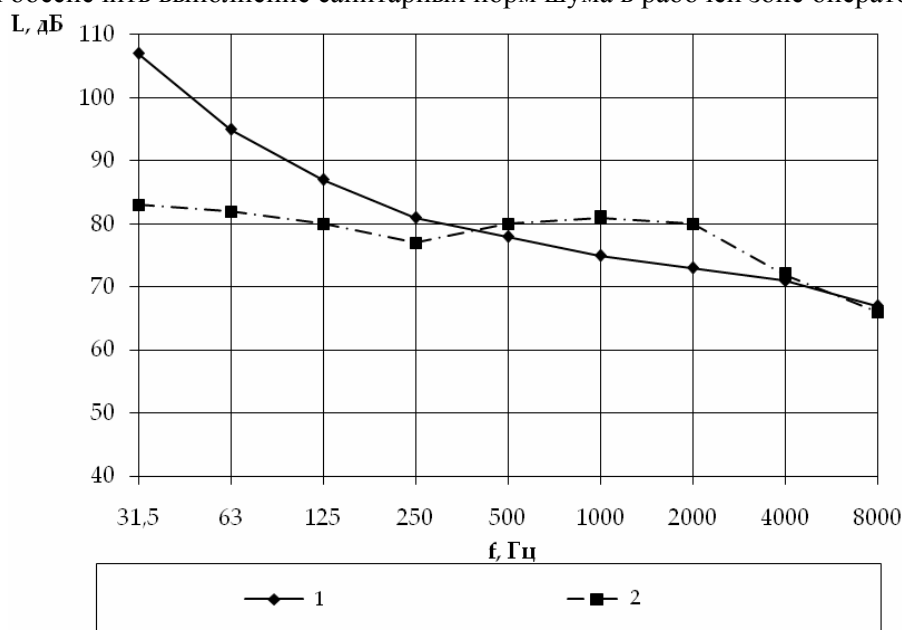


Рис. 1. Спектр шума станка Шл-К6: 1 – Предельный спектр; 2 – октавные уровни звукового давления

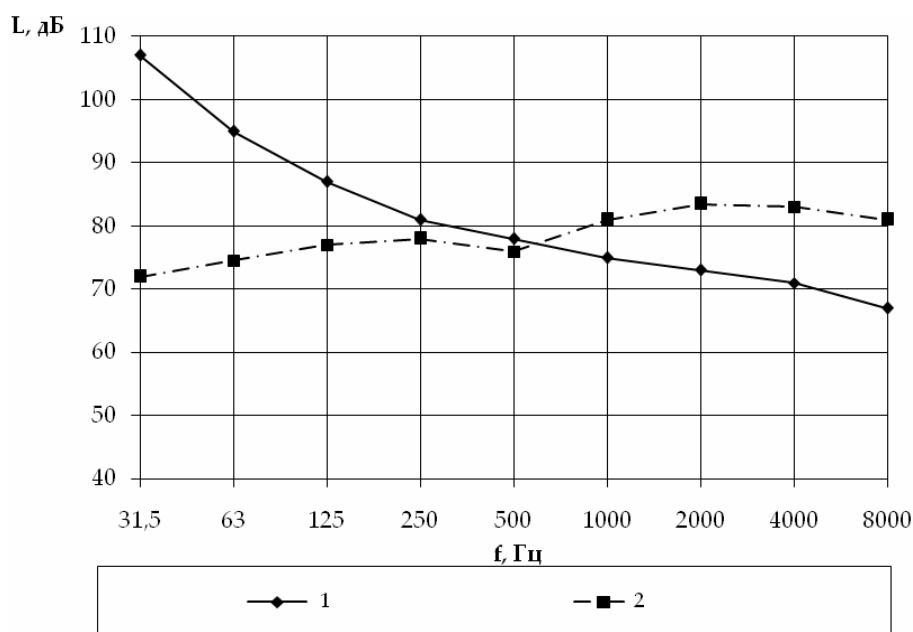


Рис. 2. Спектр шума станка ШлСЛ-2: 1 – Предельный спектр; 2 – октавные уровни звукового давления

Наименее шумным является широколенточный станок Шл-К6, у которого уровни звукового давления превышают санитарные нормы в 6-й и 7-й октавах на 6 и 7 Б. Эти данные объясняются самой компоновкой станка, у которого рабочая зона уже закрыта ограждением [6, 7].

У ленточных станков наблюдаются фактически идентичные закономерности формирования спектрального состава и, что особенно важно, уровни звукового давления превышают нормативные значения в высокочастотной области 1000-8000 Гц. В данном интервале частот характер спектра соответствует "белому шуму", т.к. разница в уровнях звукового давления не превышает 2 дБ. Величины превышений над санитарными нормами составляют: 7-12 дБ у станка ШлСп-2, 10-17 дБ у станка ШЛПС-4 и 12-18 дБ у станка Шл-2ПС [8].

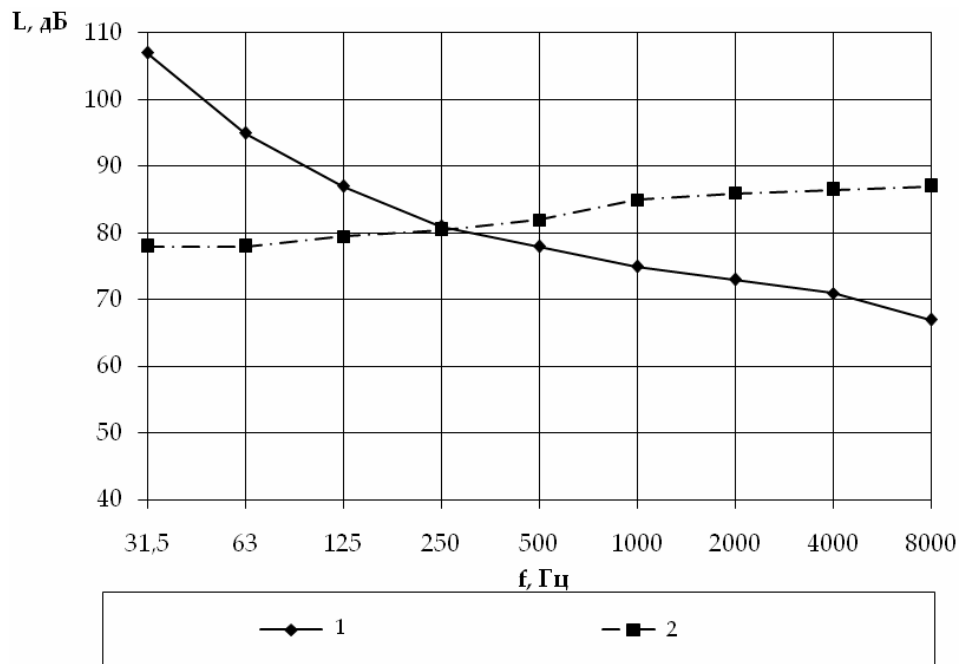


Рис. 3. Спектр шума станка ШЛПС-4: 1 – Предельный спектр; 2 – октавные уровни звукового давления

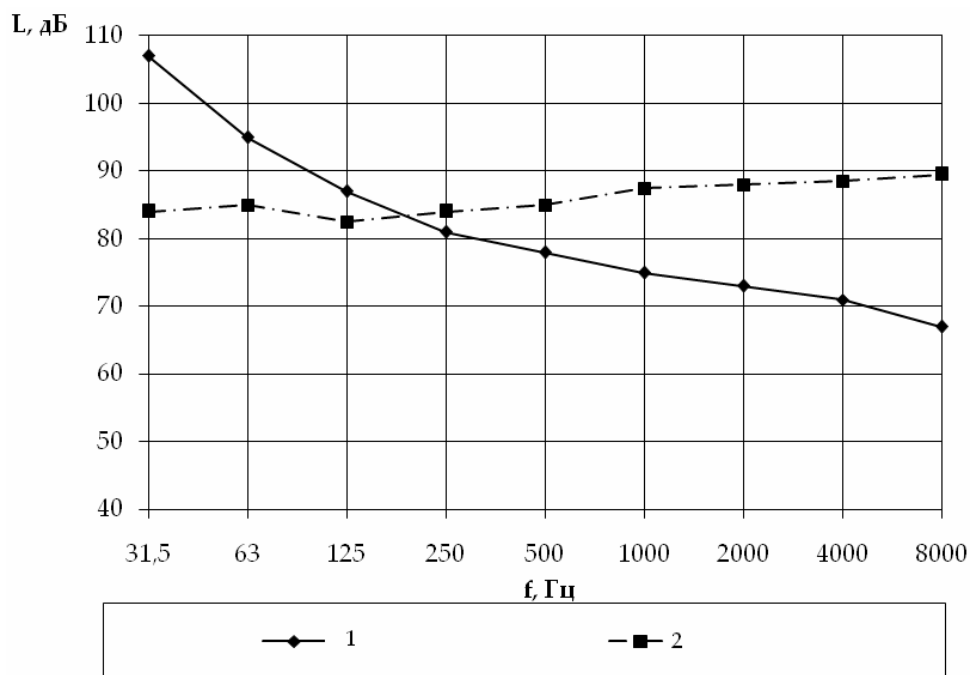


Рис. 4. Спектр шума станка ШЛ-2ПС: 1 – Предельный спектр; 2 – октавные уровни звукового давления

Следует также отметить, что у станков ШЛПС-4 и ШЛ-2ПС санитарные нормы превышаются уже в 5-й октаве (среднегеометрическая частота 500 Гц.) на 5-8 дБ соответственно. У данных станков отсутствуют звукоизолирующие ограждения.

Список литературы

1. Litvinov A.E. Improving tool life and machining precision in band saws // Russian engineering research. 2016, no. 9, pp.761-760.
2. Litvinov A.E. Theoretical study of the process of noise formation on band saws // World Applied Sciences Journal. 2013, vol. 27, no. 12, pp. 1566-1573.
3. Литвинов А.Е., Чукарин А.Н. Исследование шумов и вибрации отрезных круглопильных станков // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ). – 2016. – №122/026. – С. 357-365.
4. Chukarin A.N., Litvinov A.E., Novikov V.V. Reducing the noise and operator injuries associated with circular saws // Russian Engineering Research. – 2017, vol. 37, no. 7, pp. 615-616.

5. Litvinov A.E., Novikov V.V., Chukarin A.N. Noise reduction for multiblade rip saws // Russian Engineering Research. 2017, vol. 37, no. 9, pp. 807-808.
6. Новиков В.В., Литвинов А.Е., Солод С.А. Разработка комплексной системы управления охраной труда на предприятиях машиностроения, укомплектованных станками пильной группы // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. – № 125. – С. 474-488.
7. Авакян А.А., Литвинов А.Е., Морозкин И.С. Моделирование шумообразования тонких пил // Вестник Донского государственного технического университета. – 2011. – Т. 11, №6(57). – С. 897-900.
8. Сухонос Н.И., Корниенко В.Г., Литвинов А.Е. Исследование технологических параметров ленточной пилы // Современные наукоемкие технологии. – 2007. – № 6. – С. 35-36.

Сведения об авторах:

Сизо Алан Анзорович – аспирант;

Литвинов Артем Евгеньевич – д.т.н., профессор, и.о. заведующего кафедрой технической механики и специальных машин имени профессора А.А. Петрика.

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРА ВЛИЯНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ОПЕРАЦИИ ПРОДОЛЬНОГО ВЫДАВЛИВАНИЯ С ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ КАЛИБРОВКОЙ

Нармушкин Д.А.

Научный руководитель: Филин Д.С.

*Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова,
Санкт-Петербург*

Ключевые слова: силовой режим, продольное выдавливание, калибровка, степень деформации, пуансон, матрица.

Аннотация. В статье проведено компьютерное моделирование с целью исследования характера влияния технологических факторов (степени деформации в операции предварительной калибровке осадкой; коэффициента диаметра торца пуансона в последующей операции продольного выдавливания; значения относительной толщины стенки получаемого полуфабриката) на силовой режим в операции продольного выдавливания.

INVESTIGATION OF THE NATURE OF THE INFLUENCE OF INDIVIDUAL TECHNOLOGICAL FACTORS IN THE IMPLEMENTATION OF THE LONGITUDINAL EXTRUSION OPERATION WITH PRE-CALIBRATION

Narmushkin D.A.

Supervisor: Filin D.S.

Baltic State Technical University "VOENMEH" named after D.F. Ustinov, Saint-Petersburg

Keywords: power mode, vat, longitudinal extrusion, calibration, degree of deformation, punch, matrix.

Abstract. In the article, computer modeling was carried out in order to study the nature of the influence of technological factors (the degree of deformation in the operation of preliminary calibration by precipitation; the diameter coefficient of the punch end in the subsequent operation of longitudinal extrusion; the values of the relative wall thickness of the resulting semi-finished product) on the power mode in the operation of longitudinal extrusion.

В машиностроении, а конкретно в обработке металлов давлением начало набирать популярность применение такого оборудования как пресс автоматы. Это связано с высокой производительностью такого штампового оборудования. Но главным недостатком является ограничение по максимальному усилию и невозможности применения промежуточного отжига с целью снятия накопленного упрочнения металла в процессах последовательной штамповки полых деталей с дном.

С целью подбора оптимальной конструкции рабочего инструмента и режима штамповки будет проведено исследование влияния технологических факторов на силовой режим в операции продольного выдавливания с предварительной калибровкой осадкой.

На рисунке 1 показан эскиз исходной заготовки и схемы получаемой детали.

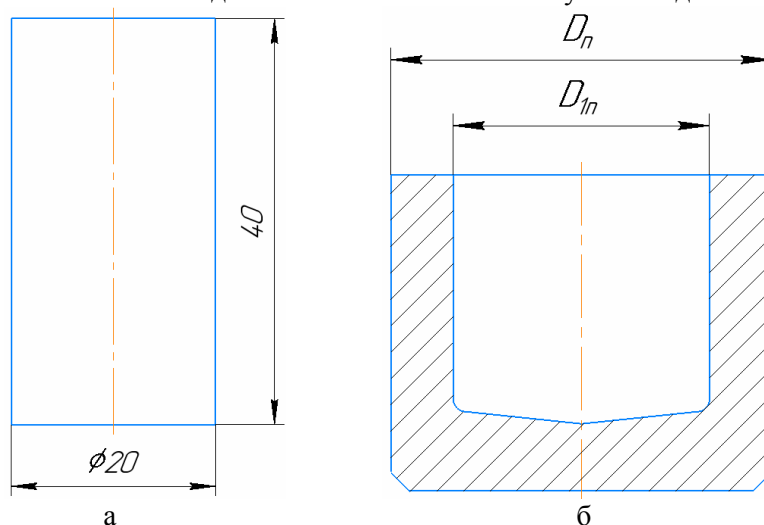


Рис. 1. Исходная заготовка: а – исходная заготовка; б – готовая деталь

По рекомендациям ([1] и [2]) и заданным исследуемым параметрам, представленных в таблице 1, был разработан рабочий инструмент (пуансон осадки, матрица, пуансон выдавливания), схема рабочего инструмента представлена на рисунке 2.

Табл. 1. Исследуемые параметры

Степень деформации на осадке $e_{i\text{ ос}}$	Коэффициент диаметра торца $k_{d_{\text{осн}}}$	Относительная толщина стенки S/D_n
0,2	0,20	0,20
0,5	0,35	0,17
1,0	0,50	0,13
1,4		0,10

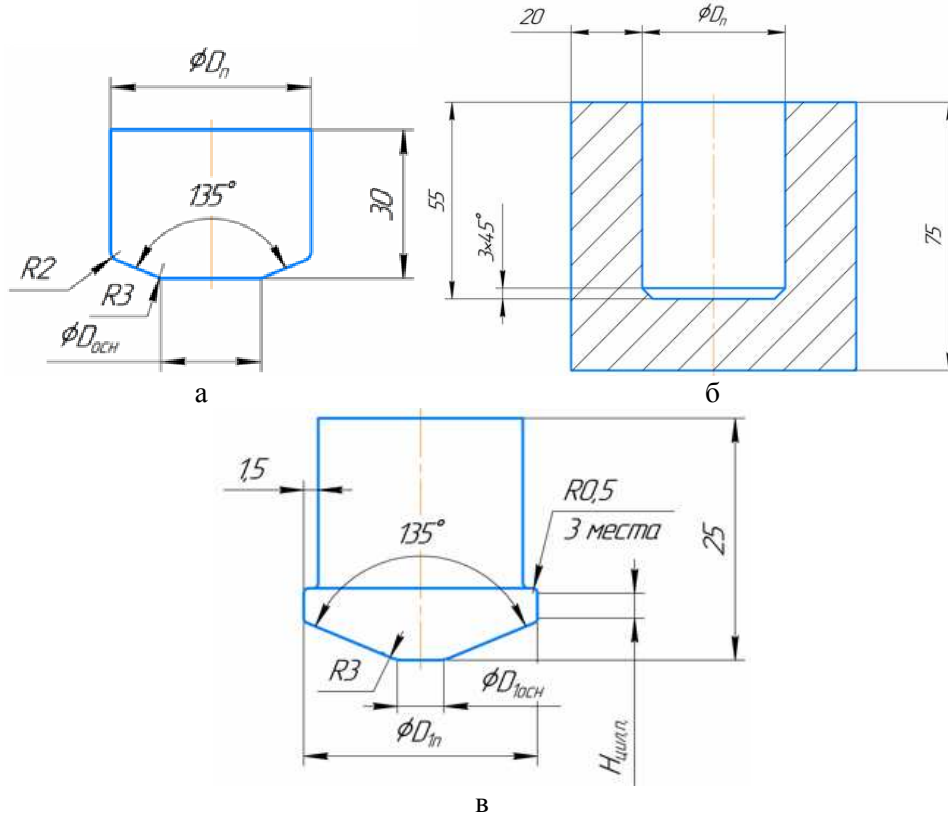
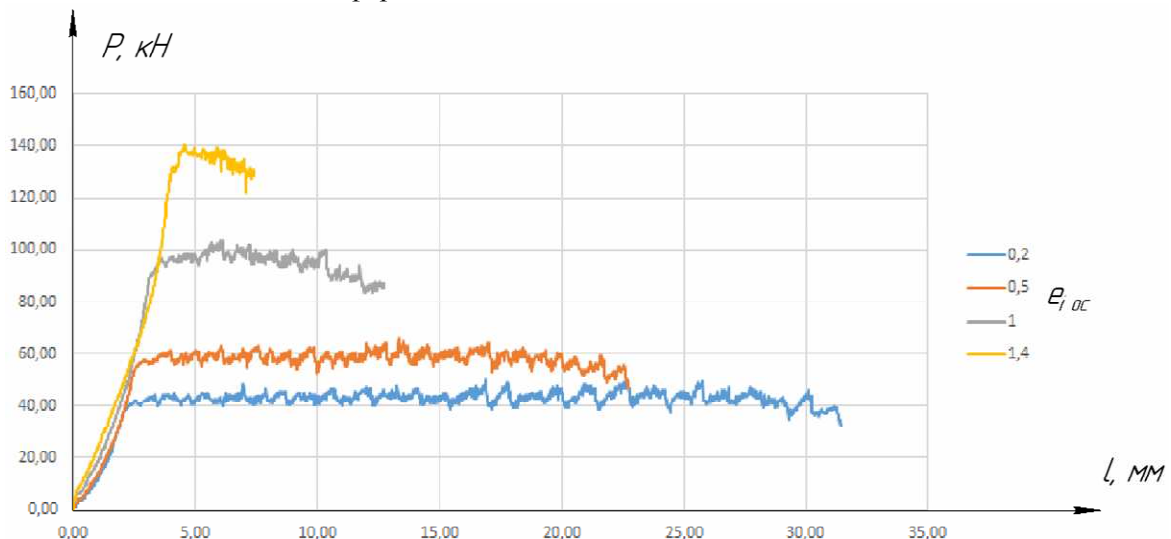


Рис. 2. Схема рабочего инструмента: а – пуансон осадки; б – матрица; в – пуансон выдавливания

При проведении моделирования были получены графики «Сила P – Путь пуансона l » [3]. На рисунке 3 показан график влияния степени деформации на предварительной калибровке осадкой на силовой режим в последующей операции выдавливания. По графику на рисунке 3 видно, что с увеличением степени деформации на предварительной калибровке осадкой максимальное усилия в последующей операции выдавливания. Уменьшение хода пуансона при выдавливании обусловлено тем, что значение толщины дна постоянно, а значение высоты заготовки после осадки уменьшается с увеличением значения степени деформации.


 Рис. 3. График зависимости «Сила P – Путь пуансона l »

Следующим исследуемым параметром был коэффициент диаметра торца пуансона выдавливания $k_{d_{осн}}$. В результате моделирования при одинаковых параметрах, кроме $k_{d_{осн}}$, был получен сводный график влияния коэффициента на силовой режим, график представлен на рисунке 4. Анализ графика на рисунке 4 показал, что коэффициент диаметра торца пуансона не влияет на максимальное усилие в операции выдавливания. Но площади под графиками можно судить о разной затраченной работе пуансона. Работа пуансона сказывается на износе его рабочей поверхности. Сделан вывод, что увеличение коэффициента $k_{d_{осн}}$ приводит к уменьшению износа.

Последним исследуемым параметром является значение относительной толщины стенки S/D_n . График влияния относительной толщины стенки S/D_n на силовой режим представлен на рисунке 5.

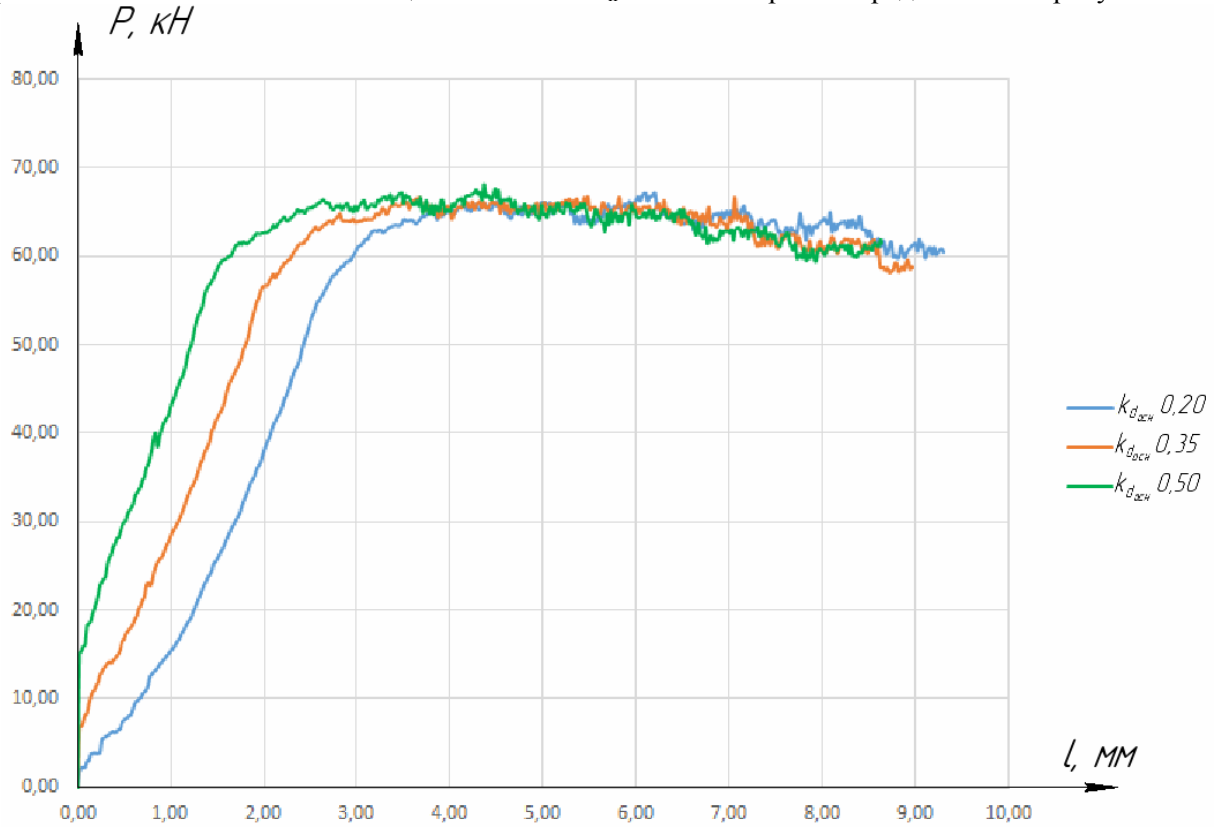


Рис. 4. График влияния $k_{d_{осн}}$ на силовой режим

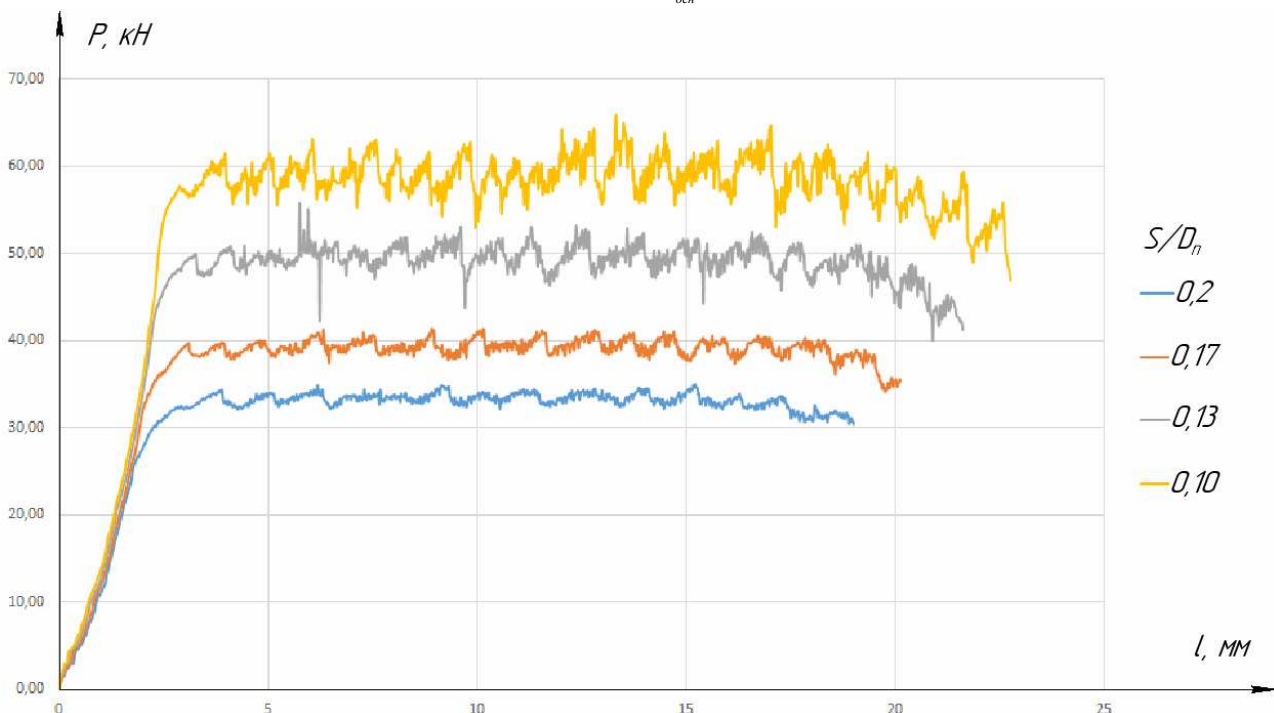


Рис. 5. График зависимости «Сила P – Путь пуансона l »

На рисунке 5 видим, что зависимость максимального усилия P в операции выдавливания обратно пропорционально значению относительной толщины стенки $S/D_{\text{п}}$. Это связано с увеличением значения степени деформации в операции продольного выдавливания.

Благодаря исследованию были разработаны рекомендации по выбору конструкции рабочего инструмента и маршруту изготовления деталей методом продольного выдавливания на пресс-автоматах.

Список литературы:

1. Агеев Н.П., Данилин Г.А., Огородников В.П. Технология производства патронов стрелкового оружия. Ч.1. Технологические основы проектирования патронов. – СПб.: Балт. гос. техн. ун-т, 2005 – 352 с.
2. Автоматическая холодная штамповка мелких деталей на быстроходных прессах / Под общ. ред. Ф.П. Михаленко. – М.: Машиностроение, 1965. – 290 с.
3. Каргин Б.В., Ерисон Я.А. Применение специализированного программного комплекса DEFORM в курсовом проектировании. – Самара: СГАУ, 2010. – 28 с.

Сведения об авторах:

Нармушкин Данил Андреевич – магистрант;

Филин Дмитрий Сергеевич – к.т.н., доцент кафедры.

МИКРОПОЛЯРНЫЕ СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ В ПОДШИПНИКЕ С МЕТАЛЛИЧЕСКИМ ПОКРЫТИЕМ ОПОРНОГО ПРОФИЛЯ ПОЛЗУНА

*Бадахов Г.А., Киришчиева В.И., Мукутадзе М.А., Зиновьев Н.В., Шведова В.Е.
Ростовский государственный университет путей сообщения, Ростов-на-Дону*

Ключевые слова: металлическое покрытие, клиновидная опора скольжения, микрополярный смазочный материал, поля скоростей и давления.

Аннотация. В работе на основе уравнения течения микрополярной жидкости для «тонкого слоя», уравнения неразрывности, а также уравнения, описывающего профиль расплавленного контура направляющей, покрытой металлическим сплавом, с учетом формулы скорости диссипации механической энергии найдено асимптотическое и точное автомодельное решение для клиновидной опоры скольжения с адаптированным к условиям трения опорным профилем ползуна при учете реологических свойств смазочного материала и расплава, обладающих при ламинарном режиме течения микрополярными свойствами. Получены аналитические зависимости для профиля расплавленной поверхности направляющей, а также для поля скоростей и давления при нулевом и первом приближении.

MICROPOLAR LUBRICANT IN A BEARING WITH A METAL COATING OF THE SUPPORT PROFILE OF THE SLIDER

*Badakhov G.A., Kirishchieva V.I., Mukutadze M.A., Zinoviev N.V., Shvedova V.E.
Rostov State Transport University, Rostov-on-Don*

Keywords: metal coating, wedge-shaped sliding support, micropolar lubricant, velocity and pressure fields.

Abstract. Based on the equation of the flow of a micropolar liquid for a “thin layer”, the continuity equation, as well as the equation describing the profile of the molten contour of a guide coated with a metal alloy, taking into account the formula for the rate of dissipation of mechanical energy, an asymptotic and exact self-similar solution for a wedge-shaped sliding support with a slider support profile adapted to friction conditions is found, taking into account rheological properties. The analytical dependences for the profile of the molten surface of the guide, as well as for the velocity and pressure fields at zero and first approach are obtained for the lubricant and melt having micropolar properties in the laminar flow regime.

Разработке расчетной модели упорных подшипников скольжения с металлическим покрытием подвижных и неподвижных контактных поверхностей посвящено достаточное количество работ [1-12]. Однако процесс смазывания на расплавах покрытий не является самоподдерживающимся процессом [13-22]. Для обеспечения самоподдерживающегося процесса смазывания подшипников скольжения возникает необходимость не только наличия легкоплавких покрытий на одной из рабочих контактных поверхностей, но и постоянного наличия смазочного материала, т. е. постоянной подачи смазочного материала, или наличия адаптированного профиля опорной поверхности ползуна.

В предлагаемой работе приводится математическая расчетная модель гидродинамического режима течения смазочного материала и расплава покрытия, обладающих микрополярными реологическими свойствами.

Рассматривается установившееся течение несжимаемой жидкости и расплава покрытия в рабочем зазоре. Клиновидная опора скольжения с нестандартным опорным профилем поверхности неподвижна, а опорное кольцо с металлическим покрытием перемещается со скоростью u^* (рис. 1).



Рис. 1. Рабочая схема: 1 – контур наклонного ползуна (пяты); 2 – контур расплавленного подпятника; 3 – контур нестандартного опорного профиля

Представленные на расчетной схеме в системе координат $x'o'y'$ контуры: C_0 – наклонного ползуна, C_1 – наклонного ползуна с адаптированным профилем, C_2 – расплавленного покрытия поверхности опорного кольца – обозначены следующим образом:

$$C_0 : y' = h_0 + x'tg\alpha, \quad C_1 : y' = h_0 + x'tg\alpha - a' \sin \omega'x', \quad C_2 : y' = -\lambda'f'(x'), \quad (1)$$

где h_0 – толщина смазочного материала; h_0^* – толщина расплава; α – угол наклонного ползуна с осью Ox ; a' – амплитуда возмущения; ω' – параметр адаптированного профиля ползуна; $\lambda'f'(x')$ – функция, определяющая профиль расплавленного контура покрытия.

Для решения данной задачи использованы общеизвестные безразмерные уравнения для «тонкого слоя» движения микрополярного смазочного материала, уравнение неразрывности, а также уравнение, определяющее профиль расплавленного контура покрытия с учетом скорости диссипации механической энергии.

$$\frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + N^2 \frac{\partial v}{\partial y} = \frac{dp}{dx}, \quad \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} = \frac{v}{N_1} + \frac{1}{N_1} \frac{\partial u}{\partial y}, \quad \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0; \quad (2)$$

$$\frac{d\Phi(x)}{dx} = -K \int_{-\Phi(x)}^{h(x)} \left(\frac{\partial u}{\partial y} \right)^2 dy,$$

$$\text{где } K = \frac{2\mu u^*}{h_0 L'}; \quad \eta = \frac{Ltg\alpha}{h_0}; \quad \eta_1 = \frac{a'}{h_0}.$$

Общепринятыми упрощениями граничные условия для данной задачи запишутся в виде:

$$v = 0, \quad v = 0, \quad u = 0 \quad \text{при} \quad y = 1 + \eta x - \eta_1 \sin \omega x = h(x);$$

$$v = 0, \quad v = 0, \quad u = -1 \quad \text{при} \quad y = -\Phi(x); \quad p(0) = p(1) = \frac{p_a}{p}. \quad (3)$$

Непосредственное решение найдено в виде асимптотического решения по параметру, обусловленному расплавом.

$$\begin{aligned} v &= v_0(x, y) + Kv_1(x, y) + K^2v_2(x, y) + \dots; \\ u &= u_0(x, y) + Ku_1(x, y) + K^2u_2(x, y) + \dots; \\ \Phi(x) &= -K\Phi_1(x) - K^2\Phi_2(x) - K^3\Phi_3(x) - \dots; \\ p &= p_0 + Kp_1(x) + K^2p_2(x) + K^3p_3(x) \dots \end{aligned} \quad (4)$$

Учитывая (4) из (2) получим:

– для нулевого приближения:

$$\frac{\partial^2 u_0}{\partial y^2} + \frac{N^2}{2N_1h} (2y - h) = \frac{dp_0}{dx}, \quad \frac{\partial v_0}{\partial x} + \frac{\partial u_0}{\partial y} = 0, \quad (5)$$

$$v_0 = 0, \quad v_0 = 0, \quad u_0 = 0 \quad \text{при} \quad y = 1 + \eta x - \eta_1 \sin \omega x;$$

$$v_0 = 0, \quad u_0 = -1, \quad v_0 = 0 \quad \text{при} \quad y = 0; \quad p_0(0) = p_0(1) = \frac{p_a}{p}; \quad (6)$$

– для первого приближения:

$$\frac{\partial^2 u_1}{\partial y^2} = \frac{dp_1}{dx}, \quad \frac{\partial v_1}{\partial x} + \frac{\partial u_1}{\partial y} = 0, \quad -\frac{d\Phi_1(x)}{dx} = K \int_{-\Phi_0}^{h(x)} \left(\frac{\partial u_1}{\partial y} \right)^2 dy; \quad (7)$$

$$v_1 = \left(\frac{\partial u_0}{\partial y} \right) \Big|_{y=0} \cdot \Phi_1(x); \quad u_1 = \left(\frac{\partial u_0}{\partial y} \right) \Big|_{y=0} \cdot \Phi_1(x);$$

$$v_1 = 0, \quad v_1 = 0, \quad u_1 = 0 \quad \text{при} \quad y = h(x) + \tilde{\Phi}; \quad (8)$$

$$p_1(0) = p_1(1) = 0.$$

Автомодельное решение системы (5) и (7) получим по известному методу [23-24]. В результате для поля скоростей и давлений получим:

$$\tilde{\Psi}'_0(\xi) = \frac{\tilde{C}_2}{2} (\xi^2 - \xi), \quad \tilde{C}_1 = 6.$$

$$\begin{aligned}\tilde{u}_0(\xi) &= \tilde{C}_1 \frac{\xi^2}{2} - \frac{N^2}{2N_1} \left(\frac{\xi^3}{3} - \frac{\xi^2}{2} \right) - \left(\frac{N^2}{12N_1} + \frac{\tilde{C}_1}{2} + 1 \right) \xi + 1. \\ p_0 &= 6 \left(\frac{\eta}{2} (x^2 - x) + \frac{\eta_1}{\omega} (\cos \omega x - 1 - x(\cos \omega - 1)) \right) + \frac{p_a}{p^*}.\end{aligned}\quad (9)$$

Для функции, определяющей расплавленный контур опорного кольца, имеем:

$$\Phi_1(x) = x - \frac{1}{2} \eta x^2 - \frac{\eta_1}{\omega} \cos \omega x + \frac{N^4}{720N_1^2} \left(x - \frac{\eta}{2} x^2 - \frac{\eta_1}{\omega} \cos \omega x \right) + h_0^*.\quad (10)$$

Автомодельное решение для первого приближения ищем аналогично нулевому приближению, для поля скоростей и давления получим расчетные формулы:

$$\begin{aligned}\tilde{\Psi}'_1(\xi) &= \frac{\tilde{C}_2}{2} (\xi^2 - \xi), \quad \tilde{C}_1 = 6M. \\ \tilde{u}_1(\xi) &= \tilde{C}_1 \frac{\xi^2}{2} - \left(\frac{\tilde{C}_1}{2} + M \right) \xi + M; \\ \tilde{C}_2 &= -6M \left(\left(1 + \frac{1}{2} \tilde{\eta} \right) + \frac{\tilde{\eta}_1}{\omega} (\cos \omega - 1) \right) (1 + \tilde{\Phi}); \\ p_1 &= \frac{6M}{(1 + \tilde{\Phi})^2} \left(\frac{\tilde{\eta}}{2} (x^2 - x) + \frac{\tilde{\eta}_1}{\omega} (\cos \omega x - 1 - x(\cos \omega - 1)) \right),\end{aligned}\quad (11)$$

Результаты

Получены в результате исследования выражения для поля скоростей и давлений в смазочном слое для нулевого и первого приближения, а также определена функция, характеризующая профиль расплавленного контура поверхности опорного кольца с учетом адаптированного профиля ползуна и реологических свойств применяемого смазочного материала и расплава покрытия, обладающих микрополярными свойствами. Разработаны новые многопараметрические выражения для нагрузочной способности и силы трения.

$$\begin{aligned}W &= p^* L \int_0^1 \left(p_0 - \frac{p_a}{p^*} + K p_1 \right) dx = \frac{(2\mu + \kappa) L^2 u^*}{h_0^2} \left(-\frac{\eta}{12} + \frac{\eta_1}{\omega} \left(\frac{\sin \omega}{\omega} - \frac{1}{2} - \frac{\cos \omega}{2} \right) + \right. \\ &+ \left. \frac{KM}{(1 + \tilde{\Phi})^2} \left(-\frac{\tilde{\eta}}{12} + \frac{\tilde{\eta}_1}{\omega} \left(\frac{\sin \omega}{\omega} - \frac{1}{2} - \frac{\cos \omega}{2} \right) \right) \right); \\ L_{\text{тр}} &= \int_0^1 \left[\frac{\partial u_0}{\partial y} \Big|_{y=0} + K \frac{\partial u_1}{\partial y} \Big|_{y=0} \right] dx = (2\mu + \kappa) \times \\ &\times \left(1 - \frac{\eta}{2} - \frac{\eta_1}{\omega} (\cos \omega - 1) + \frac{N^2}{4N_1} \left(1 + \frac{\eta}{2} + \frac{\eta_1}{\omega} (\cos \omega - 1) \right) - \tilde{\Phi} K \left(1 - \eta - \frac{2\eta_1}{\omega} (\cos \omega - 1) \right) \right).\end{aligned}\quad (12)$$

Численный анализ

В результате численного анализа построены зависимости, представленные на рисунке 2, позволяющие сделать следующие выводы.

Теоретические исследования показали, что несущая способность с металлическим покрытием поверхности направляющей и адаптированный профиль ползуна при учете реологических свойств, применяемого смазочного материала и расплава металлического покрытия, увеличивается $\approx$ на 9-11%, а коэффициент трения при этом уменьшается на $\approx$ 13-15%.

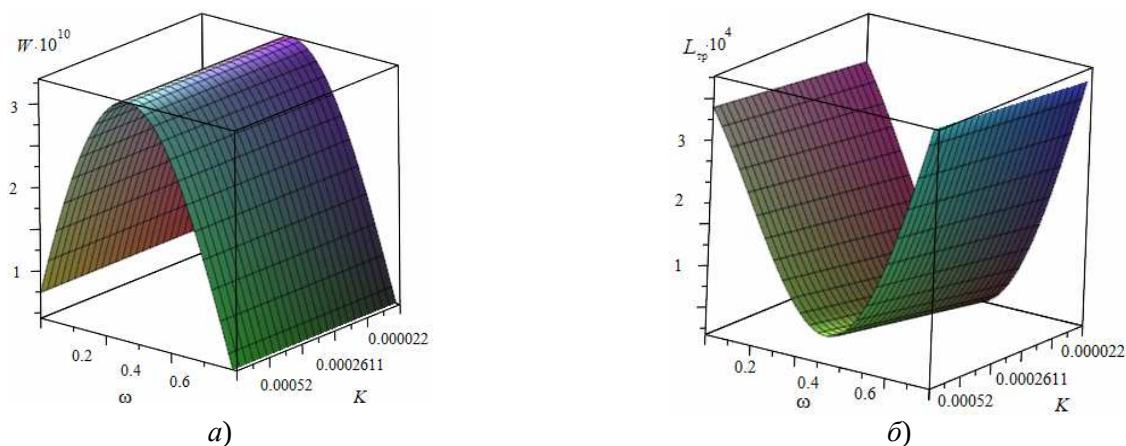


Рис. 2. Влияние параметра ω , характеризующего адаптированный профиль, и теплового параметра K , характеризующего расплав, на величины: а) несущей способности и б) силы трения

Экспериментальные исследования

В экспериментальном исследовании рассмотрена клиновидная опора скольжения с металлическим покрытием (см. таблицу). По результатам экспериментов определялась величина коэффициента трения. А также определяли температурный режим и переход гидродинамического режима трения на граничное трение. Анализ экспериментальных исследований показывает, что расплав легкоплавкого покрытия влияет на коэффициент трения интенсивнее, чем реологические свойства применяемых жидких смазочных материалов.

Табл. 1. Сравнение результатов теоретических и экспериментальных исследований

№		Теоретические исследования		Экспериментальные исследования
		без покрытия	с покрытием	покрытием из сплава Вуда
Коэффициент трения	1	0,0056	0,0036	0,0043
	2	0,0054	0,0035	0,0044
	3	0,0055	0,0034	0,0039
	4	0,0051	0,0038	0,0041
	5	0,0053	0,0039	0,0043

Заключения и выводы

Разработаны новые многопараметрические выражения для основных рабочих характеристик (несущая способность и сила трения) клиновидной опоры скольжения с учетом реологических свойств микрополярного смазочного материала и расплава покрытия.

Полученные уточненные расчетные модели клиновидных опор скольжения позволяют в результате варьирования покрытия регулировать соотношение его несущей способности и коэффициента трения.

Установлена удовлетворительная сходимость теоретических и экспериментальных исследований в подтверждение сделанных теоретических выводов.

Список литературы

1. Mukutadze M.A., Lagunova E.O., Solop K.S. Working out of an analytical model of an axial bearing taking into account dependence of viscous characteristics of micropolar lubrication on pressure and temperature // International Journal of Applied Engineering Research. 2017, vol. 12, no.14, pp. 4644–4650.
2. Ахвердиев К.С., Мукутадзе М.А., Лагунова Е.О., Солоп К.С. Расчетная модель радиального подшипника скольжения с повышенной несущей способностью, работающего на микрополярной смазке с учетом ее вязкостных характеристик от давления // Инженерный вестник Дона. – 2013. – №4(27). – С. 22.
3. Ахвердиев К.С., Мукутадзе М.А., Лагунова Е.О., Солоп К.С. Расчетная модель упорного подшипника скольжения с повышенной несущей способностью, работающего на неньютоновских смазочных материалах с адаптированной опорной поверхностью // Инженерный вестник Дона. – 2013. – № 4 (27). – С. 23.
4. Мукутадзе М.А., Флек Б.М., Задорожная Н.С., Поляков Е.В., Мукутадзе А.М. Расчетная модель гидродинамической смазки неоднородного пористого подшипника конечной длины, работающего в устойчивом нестационарном режиме трения при наличии принудительной подачи смазки // Инженерный вестник Дона. – 2013. – № 3(26). – С. 9.

5. Akhverdiev K.S., Mukutadze M.A., Semenko I.S. Hydrodynamic calculation of a thrust plain bearing that operates with viscoelastic lubricant under turbulent friction conditions // *Journal of Machinery Manufacture and Reliability*. – 2011. – Т. 40, № 4. – С. 359-365. – DOI 10.3103/S1052618811040029.
6. Ахвердиев К.С.О., Эркенов А.Ч., Александрова Е.Е., Мукутадзе М.А. Стратифицированное течение трехслойной смазки в зазоре упорного подшипника, обладающего повышенной несущей способностью // *Трибология и надежность: сбор. научн. трудов X Международной конференции*. – Санкт-Петербург, 2010. – С. 15-24.
7. Ахвердиев К.С., Александрова Е.В., Кручинина Е.Е., Мукутадзе М.А. Стратифицированное течение двухслойной смазки в зазоре упорного подшипника, обладающего повышенной несущей способностью // *Вестник Донского государственного технического университета*. – 2010. – Т. 10, № 2 (45). – С. 217-223.
8. Ахвердиев К.С.О., Мукутадзе М.А., Замшин В.А., Семенко И.С. Гидродинамический расчет радиального подшипника скольжения, работающего в турбулентном режиме трения при неполном заполнении зазора вязкоупругой смазкой // *Вестник машиностроения*. – 2009. – № 7. – С. 11-17.
9. Ахвердиев К.С., Лагунова Е.О., Мукутадзе М.А. Гидродинамический расчет радиального подшипника при наличии электромагнитного поля с учетом зависимости вязкости и электропроводимости от температуры // *Вестник Донского государственного технического университета*. – 2009. – Т. 9, № 3 (42). – С. 529-536.
10. Ахвердиев К.С., Вовк А.Ю., Мукутадзе М.А., Савенкова М.А. Математическая модель гидродинамической смазки бесконечно широких опор, работающих в турбулентном режиме на микрополярной смазке // *Трение и смазка в машинах и механизмах*. – 2007. – № 9. – С. 12-15.
11. Мукутадзе М.А. Разработка системы расчетных моделей подшипников скольжения на основе развития гидродинамической и реодинамической теории смазки: Автореф. дис. доктора технических наук. – Ростов-на-Дону: РГУПС, 2015. – 38 с.
12. Ахвердиев К.С., Мукутадзе М.А., Вовк А.Ю., Семенко И.С. Гидродинамический расчет радиального подшипника, работающего в нестационарном режиме на вязкопластичной смазке, обладающей микрополярными свойствами // *Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения*. – 2008. – № 4 (32). – С. 131-138.
13. Ахвердиев К.С., Мукутадзе М.А., Савенкова М.А., Вовк А.Ю. Математическая модель гидродинамической смазки радиального подшипника, работающего в нестационарном режиме на микрополярной смазке // *Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения*. – 2008. – № 1 (29). – С. 147-155.
14. Мукутадзе М.А., Хасьянова Д.У., Мукутадзе А.М. Гидродинамическая модель клиновидной опоры скольжения с легкоплавким металлическим покрытием // *Проблемы машиностроения и надежности машин*. – 2020. – № 4. – С. 51-58.
15. Mukutadze M.A., Vasilenko V.V., Mukutadze A.M., Opatskikh A.N. Mathematical model of a plain bearer lubricated with molten metal // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019, p. 012021. DOI: 10.1088/1755-1315/378/1/012021.
16. Mukutadze M.A., Mukutadze A.M., Vasilenko V.V. Simulation model of thrust bearing with a free-melting and porous coating of guide and slide surfaces // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2019, p. 012031. DOI: 10.1088/1757-899X/560/1/012031.
17. Mukutadze M.A., Khasyanova D.U. Radial friction bearing with a fusible coating in the turbulent friction mode // *Journal of Machinery Manufacture and Reliability*. 2019, vol. 48, no. 5, pp. 421-430, DOI: 10.3103/S1052618819050066.
18. Akhverdiev K.S., Lagunova E.O., Mukutadze M.A. Calculated model of wedge-shaped sliding supports taking into account rheological properties of viscoelastic lubricant // *Advances in Engineering Research*. 2018, pp. 246-253, DOI: 10.2991/avent-18.2018.47.
19. Mukutadze M.A., Khasyanova D.U. Optimization of the supporting surface of a slider bearing according to the load-carrying capacity taking into account the lubricant viscosity depending on pressure and temperature // *Journal of Machinery Manufacture and Reliability*. 2018, vol. 47, no. 4, pp. 356-361. DOI: 10.3103/S1052618818040106.
20. Mukutadze M.A., Lagunova E.O., Vasilenko V.V. Development of the design model of a hydrodynamic lubricating material formed during melting of the axial bearing, in the presence of forced lubrication // *Journal of Machinery Manufacture and Reliability*. 2018, vol. 47, no. 3, pp. 271-277. DOI: 10.3103/S105261881803010X.
21. Akhverdiev K.S., Bolgova E.A., Mukutadze M.A., Vasilenko V.V. Mathematical model of a radial sliding bearing with a porous layer on its operating surface with a low-melting metal coating on shaft surface // *IOP*

- Conference Series: Materials Science and Engineering. 2021, p. 012005. DOI: 10.1088/1757-899X/1064/1/012005.
22. Кохановский В.А., Мукутадзе М.А. Матричные материалы антифрикционных композитов // Вестник Донского государственного технического университета. – 2001. – Т. 1, № 2. – С. 51–56.
23. Lagunova E.O., Mukutadze M.A. Calculation of a radial slider bearing with a fusible coating // Journal of Friction and Wear. 2019, vol. 40, no. 1, pp. 88-94. DOI: 10.3103/S1068366619010112.
24. Mukutadze M.A., Khasyanova D.U. Optimization of the supporting surface of a slider bearing according to the load-carrying capacity taking into account the lubricant viscosity depending on pressure and temperature // Journal of Machinery Manufacture and Reliability. 2018, vol. 47, no. 4, pp. 356-361. DOI: 10.3103/S1052618818040106.

Сведения об авторах:

Бадахов Григорий Андреевич – аспирант;

Кирицкая Виктория Игоревна – аспирант;

Мукутадзе Мурман Александрович – д.т.н., профессор, профессор кафедры «Высшая математика»;

Зиновьев Никита Владимирович – аспирант;

Шведова Валентина Евгеньевна – аспирант.

ОСНОВНЫЕ ВОПРОСЫ, ВОЗНИКАЮЩИЕ ПРИ РЕМОНТЕ ДЕЛИТЕЛЬНЫХ ПАР ПРЕЦИЗИОННЫХ ЗУБОФРЕЗЕРНЫХ СТАНКОВ

Тимофеев Н.А.

ПАО «Уралмашзавод», Екатеринбург

Ключевые слова: зубофрезерные станки, делительная пара, червячная пара, кинематическая цепь.

Аннотация. В докладе выносятся на рассмотрение основные технические вопросы, связанные с эксплуатацией, ремонтом и контролем прецизионных зубофрезерных станков. Кинематические цепи данных станков зачастую состоят из множества взаимосвязанных элементов, звеньев цепей, которые напрямую влияют на долговечность работы оборудования, точность изготавливаемой продукции и сопутствующие эксплуатационные характеристики, вибрация, шум и пр. Данный материал может помочь как ремонтным службам, так и операторам зуборезных станков.

THE MAIN ISSUES THAT ARISE DURING THE REPAIR OF WORM DRIVE OF PRECISION GEAR-HOBBIING MACHINES

Timofeev N.A.

PJSC «Uralmashzavod», Ekaterinburg

Keywords: gear hobbing machines, dividing pair, worm pair, kinematic chain.

Abstract. The report presents for consideration the main technical issues related to the operation, repair and control of precision hobbing machines. The kinematic chains of these machines often consist of many interconnected elements, chain links that directly affect the durability of the equipment, the accuracy of manufactured products and related performance, vibration, noise, etc. This material can help both repair services and operators of gear cutting machines.

Точность зубофрезерного станка определяется геометрической точностью взаимного расположения его узлов в процессе обработки и точностью его кинематических цепей.

К прецизионным зубофрезерным станкам, предназначенным для нарезания передач турбозубчатых агрегатов, предъявляются более высокие требования, как в отношении геометрической, так и в отношении их кинематической точности, по сравнению со станками, предназначенными для нарезания передач общего машиностроения [1].

Исходя из работы современных турбозубчатых передач к зуборезным станкам в отношении кинематической точности предъявляются требования, указанные в табл. 1.

Табл. 1. Нормы кинематической точности цепи обката зуборезных станков

Элемент контроля	Градация точности	Диаметры нарезаемых колес, мм					
		Св. 320 до 500	Св. 500 до 800	Св. 800 до 1250	Св. 1250 до 2000	Св. 2000 до 3150	Св. 3150 до 5000
Предельная кинематическая погрешность	I	Угловые секунды					
		11	9	8	6	5	4
	II	20	16	13	10	8	6
Предельная циклическая погрешность	III	3	2	1,5	1	0,5	0,4

При ремонте прецизионных станков способы достижения геометрической точности ничем не отличаются от способов получения геометрической точности обычных станков, только процесс изготовления идет более тщательно с применением средств контроля более высоких классов.

Получение требуемой для изготовления передач турбозубчатых агрегатов кинематической точности зубофрезерного станка является очень сложной задачей и может быть выполнено только при определенных условиях. При ремонте станка его кинематическая точность определяется точностью цепи обкатки и точностью цепи подачи [2].

Точность цепи обката определяется точностью углового перемещения стола относительно углового перемещения фрезерного шпинделя, которые являются конечными звеньями цепи.

Неточность и погрешность их взаимного перемещения будет определяться суммарной погрешностью всех звеньев цепи обкатки.

Главная составляющая ошибки этой цепи является ошибка червячной пары стола.

Червячная пара стола, как определяющая точность всей цепи обката получила название делительной пары.

Ошибки промежуточных звеньев цепи передаются измененными в отношении обратной пропорции передаточного отношения между промежуточным звеном и конечным звеном, т.е. делительной пары.

Вследствие высокого передаточного отношения делительной пары ошибки промежуточных звеньев теряют свое значение по отношению к ошибкам самой делительной пары.

К делительной паре станка предъявляются жесткие требования, так как она, как указано выше, является основным источником кинематической неточности цепи обката. Такие же требования существуют и для технологии изготовления делительных пар, как в части механической обработки, так и в части термической обработки [3]. Весь процесс изготовления подвергается тщательному контролю. Не менее важное значение имеет и монтаж делительной пары на станке.

Правильный выбор материала и термообработка червяка и червячного колеса определяет в основном сохранение точности и работоспособности делительной пары в процессе эксплуатации.

Изготовление с необходимой точностью делительных пар на специализированных заводах в России недостаточно освоено, еще более трудной задачей является восстановление делительной пары в условиях неспециализированного производства.

В большинстве случаев причиной ремонта прецизионного зубофрезерного станка является недостаточная точность цепи обката, но изготавливать новую делительную пару следует в крайнем случае, когда нельзя восстановить кинематическую точность путем ввода коррекции если станок оснащен системами ЧПУ или путем установки корректирующего устройства.

Допуски на изготовление червяка и червячного колеса весьма малы, но, несмотря на это, изготовление новой пары может не дать требуемой точности кинематической цепи обката. Также существует огромное количество факторов, определяющих кинематическую точность, без которых невозможно изготовление делительной пары без ее индивидуальной пригонки и регулировки.

Данная регулировка несколько не исключает требований к точности изготовления червяка и червячного колеса.

Основным элементом пригонки является правильное расположение червяка относительно червячного колеса. Необходимость этой регулировки вызывается невозможностью обеспечить существующими средствами измерения идентичных расположений червячного колеса и червяка при сборке, с расположением в процессе обработки на зубофрезерном или зубошлифовальном станке инструмента, профилирующего червячное колесо, относительно заготовки этого колеса. Поэтому процесс изготовления сугубо индивидуальный и производится на мастер станках специализированных производств.

При всех случаях ремонта в процессе разборки стола и его привода должна быть составлена карта контроля. Перед демонтажем червяка и червячного колеса необходимо произвести тщательные замеры положения червяка относительно червячного колеса и их положение относительно станка и замерить межцентровое расстояние делительной пары. Во время разборки проверяется фактическое состояние поверхности витков червяка и зубьев колеса, точность элементов зубчатой пары [4].

При изготовлении новой делительной пары необходимо проанализировать старую конструкцию и произвести возможную модернизацию с целью повышения кинематической точности. При этом возможны изменения в передаточном отношении делительной пары для рационального его увеличения и изменения конструкции червяка и колеса.

Также возможно увеличение допуска на циклическую погрешность при условии увеличения числа зубьев делительной пары до величины см. таблицу 2. Это вызвано тем обстоятельством, что при определенных соотношениях чисел зубьев нарезаемого и делительного колеса циклические ошибки передаются нарезаемому колесу не полностью, а частично.

В дополнение к вышесказанному возможно снижение минимального числа зубьев нарезаемого колеса на станке за счет увеличения числа канавок фрезы. Допустимые соотношения даны в таблице 2.

При значительном увеличении числа зубьев делительной пары необходимо еще производить проверку возможности нарезки колес с небольшими числами зубьев, исходя из допустимых скоростей скольжения в делительной паре станка. Эту проверку необходимо производить и для черновой нарезки колес при применении многозаходных фрез.

Учитывая высокие требования, предъявляемые к червякам и индивидуальное изготовление делительных червячных пар необходимо с особой тщательностью отнестись к отклонениям отдельных элементов червяка и инструмента, нарезающего колесо:

1. Предельное отклонение винтовой линии в пределах одного оборота червяка. Определяется как максимальное отклонение фактической винтовой поверхности постоянного шага от подобной же поверхности инструмента, нарезающего колесо.

2. Предельное отклонение винтовой линии на всей длине червяка. Определяется как максимальное отклонение фактической винтовой поверхности постоянного шага червяка в пределах всей длины витка от подобной же поверхности инструмента, нарезающего червячное колесо; отклонение определяется по обеим сторонам червяка.

3. Допуск на профиль. Задается на относительное отклонение профилей червяка и инструмента, образующего профиль сопряженного червячного колеса, т.к. неточность процесса обкатывания в зависимости от погрешностей профиля будет происходить не вследствие отклонения профиля от заданного теоретического, а в зависимости от неидентичности профиля червяка и инструмента производящего профиль зубьев червячного колеса. Целесообразно допустить отклонение профиля от теоретического, получающееся в результате выбранного метода шлифовки, но необходимо при этом профиль инструмента, обрабатывающего червячное колесо, обработать на том же станке при той же настройке, т.е. с теми же погрешностями в профиле.

4. Утонение толщины витка червяка. Задается для создания докового зазора в делительной паре, и зависит от допускаемой величины биения червячного колеса и температурных расширений механизма. Величина бокового зазора должна соответствовать у станков с одним червяком наибольшей погрешности окружного шага, а у станков с двумя червяками – 0,5 величины накопленной погрешности окружного шага червячного колеса.

Табл. 2. Допустимые соотношения

Диаметр нарезаемого колеса	Число зубьев делительного колеса зуборезного станка, не менее	Произведение числа зубьев нарезаемого изделия на число канавок фрезы, не менее	При нарезании червячной фрезой с 14 канавками число зубьев изделия, не менее
Св. 320 до 500	180	360	26
Св. 500 до 800	240	480	34
Св. 800 до 1250	300	600	43
Св. 1250 до 2000	400	800	57
Св. 2000 до 3150	600	1200	86
Св. 3150 до 5000	850	1700	120

Необходимость выдерживания в заданных пределах допусков на основные элементы червяка, являющиеся посадочными и контрольными объясняется тем, что соблюдение этих допусков определяет кинематическую точность передачи, а вместе с тем и точность прецизионного зуборезного станка.

Список литературы

1. Калашников С.Н., Калашников А.С. Производство зубчатых колес. – М.: Высш. шк., 1986. – 287 с.
2. Зак П.С. Глобоидная передача. – М.: Машгиз, 1962. – 256 с.
3. Колев Н.С., Красниченко Л.В., Никулин Н.С. Металлорежущие станки. – М.: Машиностроение, 1980. – 500 с.
4. Решетов Д.Н., Портман В.Т. Точность металлорежущих станков. – М.: Машиностроение, 1986. – 336 с.

Сведения об авторе:

Тимофеев Николай Андреевич – руководитель группы высокоточных измерений.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТОЙКОСТИ К АБРАЗИВНОМУ ИЗНАШИВАНИЮ ЭЛАСТОМЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ

Скрипцов Д.Р., Пищулин А.Ю., Леонов С.Д., Боев Д.В., Шаповалов А.И.

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) «Национальный исследовательский технологический институт «МИСИС», Старый Оскол

Ключевые слова: эффективность производства, надёжность оборудования, импортозамещение, эластомерные покрытия, абразивное изнашивание, поверхностный слой.

Аннотация. В статье рассмотрены промежуточные результаты испытаний на устойчивость к абразивному изнашиванию эластомерных поверхностей. Дана предварительная оценка полученных результатов исследований, проведенных по методу Бринелля-Ховарта.

Цель данной работы – сравнение показателей устойчивости к абразивному изнашиванию эластомерных покрытий из Германии и Беларуси. Белорусское покрытие рассматривается в качестве альтернативы покрытию немецкого производства.

INVESTIGATION OF RESISTANCE TO ABRASIVE WEAR OF ELASTOMERIC COATINGS

Skriptsov D.R., Pishchulin A.Y., Leonov S.D., Boev D.V., Shapovalov A.I.

Stary Oskol Institute of Technology A.A. Ugarova (branch) "National Research Technological Institute "MISIS", Stary Oskol

Keywords: production efficiency, equipment reliability, import substitution, elastomeric coatings, abrasive wear, surface layer.

Abstract. The article discusses the intermediate results of assessments of resistance to abrasive mechanism of wear of elastomeric surfaces. A preliminary assessment of the obtained results of studies conducted using the Brinell-Haworth method is given.

The purpose of this work is to compare the indicators of resistance to abrasive wear of protective coatings from Germany and Belarus. The Belarusian coating is considered as an alternative to the German-made coating.

Одним из важнейших условий обеспечения высокой эффективности производства и повышения качества продукции является обеспечение предприятий надёжным оборудованием. Детали и механизмы, подверженные повышенному износу, имеют короткий срок эксплуатации, что существенно снижает производственные мощности [1].

В современной политической обстановке повышение стойкости оборудования к износу и увеличение срока его службы – одна из наиболее приоритетных задач науки и производства. Иностранные производители покидают отечественный рынок, снижается ассортимент товаров. Возрастает необходимость поиска материалов, превосходящих зарубежные.

Поверхностные слои деталей, подверженные наибольшей нагрузке, подвергаются более сильному механическому, тепловому, химическому и некоторым другим видам воздействий. На характер износа оказывают влияние: свойства контактирующих материалов и качество трущихся поверхностей, взаимные перемещения и характер движения (скольжение, качение, течение, удары, и др.), температура в зоне контакта и величина нагрузки [2].

Для повышения ресурса эксплуатации и защиты от абразивного изнашивания применяют различные защитные покрытия. Покрытия могут быть получены электродуговой наплавкой, различными видами напыления, с помощью эластомерных и композитных материалов, а также комбинации покрытий.

В данной работе рассмотрены результаты испытания абразивной износостойкости двух поверхностей, наплавленных порошковой проволокой TeroMatec 4601 и покрытых мастикой MeCaCorr 750 (Германия) и мастикой из Беларуси (точное название данной мастики отсутствует).

Цель данной работы – сравнить стойкость к сухому абразивному изнашиванию мастики из Германии и Беларуси. Мастика белорусского производства выступает в качестве возможной альтернативы ушедшей с российского рынка немецкой мастике.

Исследование стойкости к абразивному износу покрытий образцов производилось на установке для абразивных испытаний, работающей по схеме Бринелля-Ховарта. В качестве абразивного материала применялся гранатовый песок Standart mesh 80 ТУ 08.99.22-004-37393276-2021 производства ООО «ОрлАЗ».

Истирание образцов осуществлялось резиновым колесом, имеющим радиусные пазы, которые равномерно расположены по периферии колеса. Колесо установлено на выходном валу червячного редуктора, на который передается вращение с электродвигателя переменного тока посредством ременной передачи. Общее время испытания составило 30 мин для каждого образца (30 циклов по 1 мин).

Перед проведением испытаний образцы были промаркированы ударным способом по поверхности, не контактирующей с абразивным материалом:

- Образец М6 – сталь 20 наплавленная проволокой TeroMatec 4601 и покрытая мастикой MeCaCorr 750. Истирание образца проводилось поперёк наплавки.
- Образец М7 – сталь 20 наплавленная проволокой TeroMatec 4601 и покрытая мастикой MeCaCorr 750. Истирание образца проводилось вдоль наплавки.
- Образец Б5 – сталь 20 наплавленная проволокой TeroMatec 4601 и покрытая мастикой белорусского производства. Истирание образца проводилось вдоль наплавки.
- Образец Б7 – сталь 20 наплавленная проволокой TeroMatec 4601 и покрытая мастикой белорусского производства. Истирание образца проводилось поперёк наплавки.

Результаты экспериментальных исследований проанализированы, исходя из полученных графиков зависимости величины износа образцов от времени их истирания на установке.

Показателем оценки износостойкости материала была принята потеря массы образца после цикла испытаний. После каждого испытания проводилась серия из 5 (пяти) измерений массы образца и фиксировалось среднее значение. Измерения выполнялись на весах аналитических ВК-300.

Динамика интенсивности потери массы образцов представлена в виде графика суммарной потери массы каждого образца после каждого испытания (рис. 1).

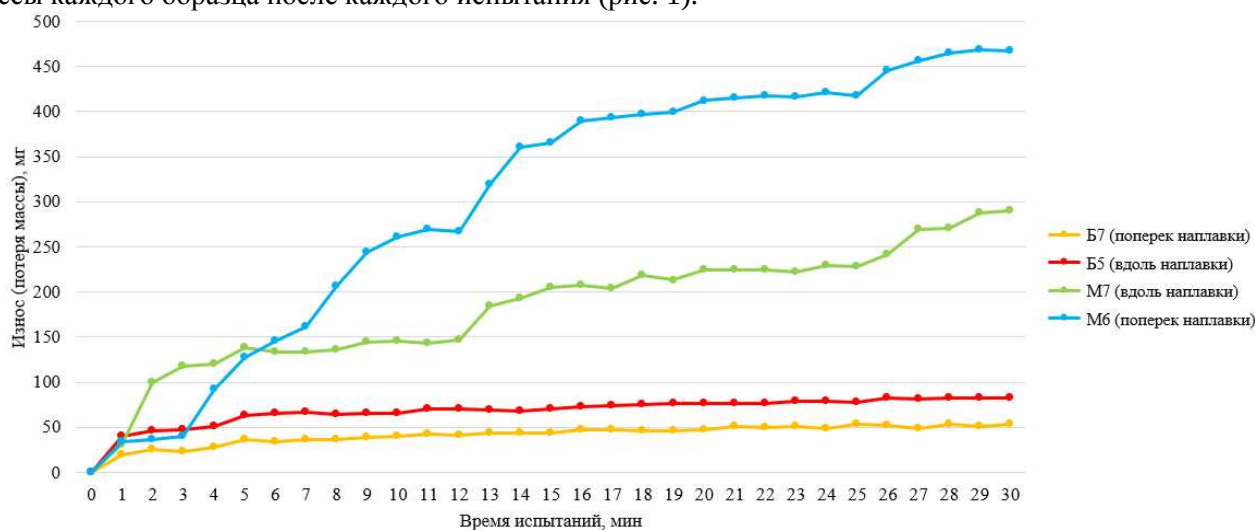


Рис. 1. Суммарная потеря массы образцов после испытаний

На графике видно, что износ образцов происходит неравномерно. Образцы Б5 и Б7 (наплавка TeroMatec 4601 покрытая мастикой белорусского производства) в течение всего испытания показывают стабильно низкие показатели износа. Это обусловлено высокой вязкостью эластомерных покрытий [3].

В процессе истирания абразив не только снимает поверхностный слой мастики, но и внедряется в её поверхностный слой. При дальнейшем истирании новая порция абразива контактирует не только с поверхностным слоем покрытия, но и с врезавшимися в неё зёрнами абразива, что снижает потери массы покрытия и продлевает срок её пригодности в качестве износостойкого слоя [1]. Снимки поверхности образцов покрытия после проведения цикла испытаний подтверждают это предположение (рис. 2). После проведения испытаний в зоне износа четко наблюдаются элементы абразива.

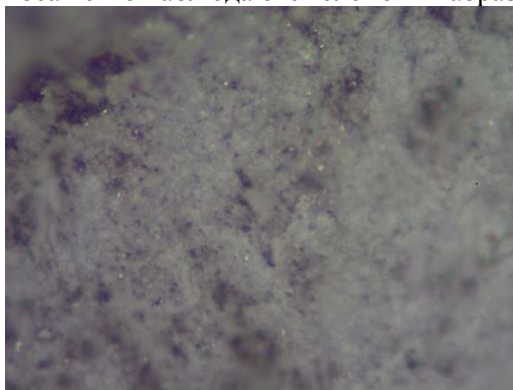


Рис. 2. Топография поверхности образца Б5 с после испытания в течение 30 мин

Высокие показатели износа образцов М6 и М7 (наплавка TeroMatec 4601 покрытая мастикой MeCaCorr 750) при движении абразива как вдоль наплавки, так и поперек наплавки обусловлены интенсивным истиранием мастики MeCaCorr 750. В процессе изнашивания абразив уносит с собой поверхностный слой мастики до тех пор, пока не снимет его полностью [3]. При этом снимки поверхности образцов (рис. 3) четко указывают на направление движения абразива. Это говорит о том, что частицы абразива и частицы изношенного материала удаляются из зоны контакта.

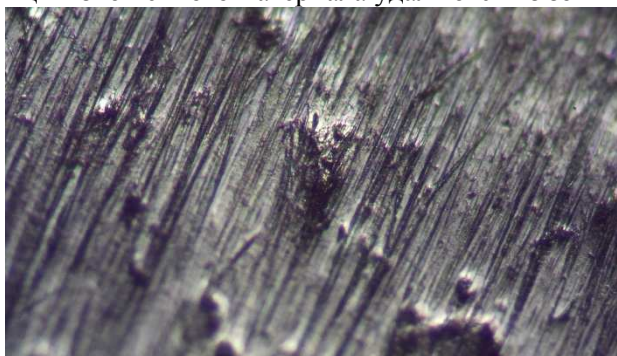


Рис. 3. Топография поверхности образца М7 с наплавкой TeroMatec 4601 и с мастикой MeCaCorr 750

На величину износа также влияет удельная нагрузка, которой подвержены образцы при истирании на установке. При одинаковой внешней нагрузке образцы имеют различные площади контакта с абразивом, что влияет на величину удельной нагрузки (рис. 4).

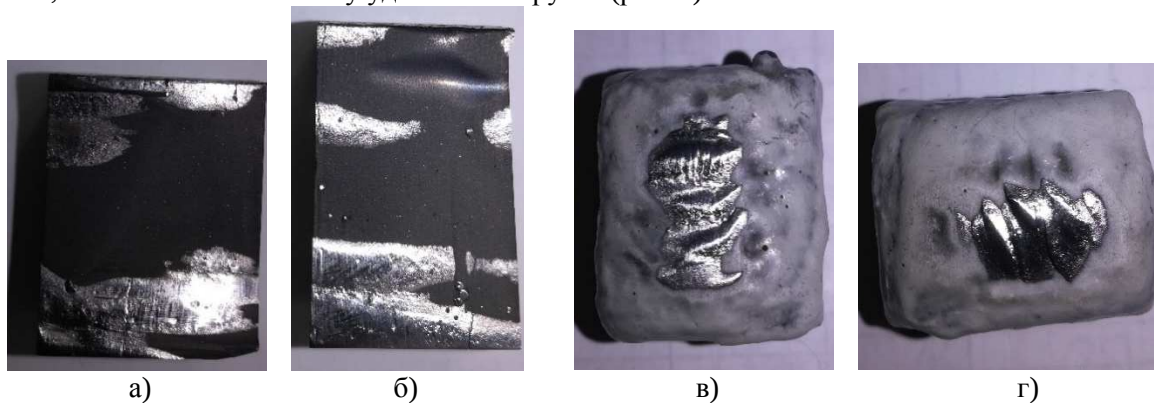


Рис. 4. Внешний вид образцов после испытания в течение 30 мин: а) образец М6; б) образец М7; в) образец Б5; г) образец Б7

Образцы Б5 и Б7 (наплавка TeroMatec 4601 покрытая мастикой белорусского производства) находились в худших условиях ввиду меньшей площади контакта с абразивом и, в следствие, под действием большей удельной нагрузки. При этом образцы Б5 и Б7 показывают низкие относительно образцов М6 и М7 (наплавка TeroMatec 4601 покрытая мастикой MeCaCorr 750) показатели потери массы после испытаний.

Выводы

1. Образцы Б5 и Б7 с наплавленным слоем TeroMatec 4601 и мастикой белорусского производства в сравнении с образцами М6 и М7 с наплавленным слоем TeroMatec 4601 и мастикой MeCaCorr 750 имеют высокое сопротивление сухому абразивному изнашиванию. Это объясняется составом мастики.

2. Исследование стойкости к сухому абразивному изнашиванию приведенных в статье материалов при значительной длительности испытаний по методу Бринелля-Ховарта требует проведения дальнейших экспериментов.

3. Стойкость указанных материалов к гидроабразивному механизму изнашивания также требует исследования.

Список литературы

1. Алешин Н.П. Оценка остаточного ресурса сварных конструкций // Сварка и диагностика. – 2007. – №2. – С. 4-10.
2. Чичинадзе А.В., Берлинер Э.М., Браун Э.Д., Буше Н.А. Трение, износ и смазка (трибология и триботехника). – М.: Машиностроение, 2003. – 576 с.
3. Шаповалов А.И., Макаров А.В., Владимиров А.А., Скрипцов Д.Р., Боев Д.В., Пищулин А.Ю. Исследование стойкости к абразивному изнашиванию эластомерных покрытий и покрытий,

сформированных электродуговой наплавкой // XIX Всероссийская научно-практическая конференция (сборник). – Старый Оскол: Изд-во СТИ НИТУ «МИСИС», 2022. – Т. 1. – С. 346-347.

Сведения об авторах:

Скрипцов Дмитрий Русланович – студент;

Пищулин Артём Юрьевич – студент;

Леонов Сергей Дмитриевич – студент;

Боев Дмитрий Владимирович – студент;

Шаповалов Антон Иванович – к.т.н., доцент кафедры ТОММ.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ОБЪЕКТА НА ТОЧНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ ДЕТАЛИ «ВТУЛКА НАПРАВЛЯЮЩАЯ»

Бакурова Ю.А., Федорова Е.М.

Ливенский филиал ОГУ им. И.С. Тургенева, АО «ГМС Ливгидромаш», Ливны

Ключевые слова: точность измерений, температурная составляющая точности измерений, условия измерения, отклонение допуска на размер.

Аннотация. При проведении измерений размеров на предприятии необходимо соблюдать требования по вылеживанию деталей после их механической обработки, т.к. вследствие нагрева и расширения металла геометрические размеры детали могут изменяться. С целью иллюстрации изменения геометрических размеров и определения фактических значений отклонений размеров выполнена данная работа.

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF THE OBJECT TEMPERATURE ON THE ACCURACY OF MEASUREMENTS ON THE EXAMPLE OF THE DETAIL GUIDE SLEEVE

Bakurova Yu.A., Fedorova E.M.

Livensky branch of OSU named after I.S. Turgenev, HMS Livgidromash, Livny

Keywords: measurement accuracy, temperature component of measurement accuracy, measurement conditions, size tolerance deviation.

Abstract. When carrying out dimensional measurements at the enterprise, it is necessary to comply with the requirements for aging parts after their machining, because due to heating and expansion of the metal, the geometric dimensions of the part may change. In order to illustrate the change in geometric dimensions and determine the actual values of dimensional deviations, this work was done.

Обеспечение точности измерений является неотъемлемой частью качества выпускаемой продукции. Соблюдение условий измерения, определяющими их точность, характеризуются несколькими составляющими, среди которых особое внимание уделяются температурному режиму [1,2]. Нормативные документы, регламентирующие требования к условиям измерений – ГОСТ 8.050, РМГ 29-2013.

С целью иллюстрации изменения линейных размеров в зависимости от изменения температуры детали и средства измерения выполнено данное исследование.

Для экспериментальных исследований была взята деталь Втулка направляющая (рис. 1), применяемая для сборки насоса в условиях производства ГМС «Ливгидромаш». Материал детали СЧ20 ГОСТ 1412-85.

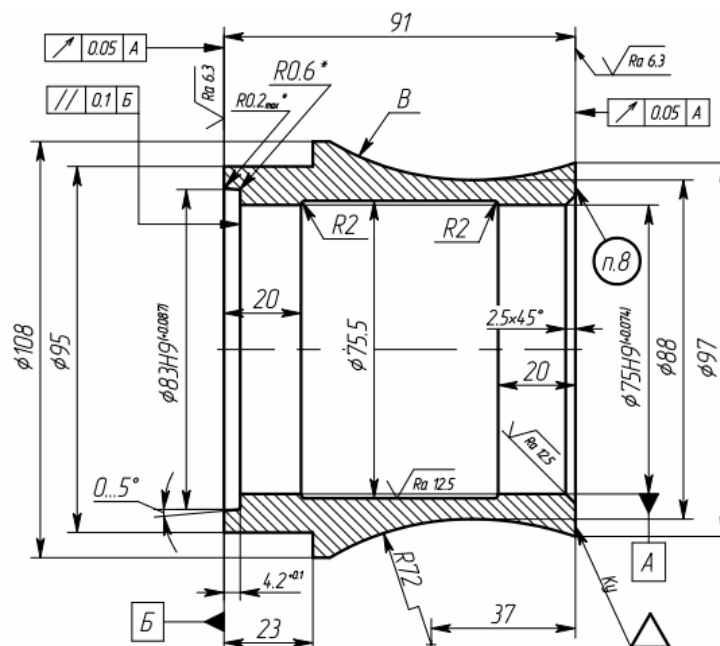


Рис. 1. Чертеж детали «Втулка направляющая»

Будем измерять диаметр отверстия $\phi 75H9$. Для измерения диаметра отверстия используем нутромер двухконтактный, для измерения температуры детали - бесконтактный термометр.

Для экспериментальных исследований берем 3 детали. Для установления факта изменения размера в связи с влиянием температуры объекта на получаемый размер отверстия проведем замеры только что изготовленной детали, с измерением изменения ее температуры.

Условия измерения [3]:

- 1) температура окружающей среды – 17°C;
- 2) атмосферное давление 760 мм рт. ст.;
- 3) относительная влажность воздуха 51%.

Деталь №1. Температура детали после ее изготовления 44°C. Время вылеживания рассчитываем согласно массы измеряемой детали. Оно составило 3,5 часа.

В этот промежуток делаем замеры размера чтобы узнать отклонение измерения при повышенной и нормальной температуре. Итого получается 7 замеров с промежутком 30 мин:

- 1) t 44 °C размер Ø75,070;
- 2) t 38 °C размер Ø75,068;
- 3) t 32 °C размер Ø75,065;
- 4) t 28 °C размер Ø75,063;
- 5) t 25 °C размер Ø75,062;
- 6) t 20 °C размер Ø75,060;
- 7) t 17 °C размер Ø75,058;

75,070-75,058=0,012.

Таким образом, видим, что после изготовления детали размер отверстия Ø75Н9 соответствовал требованиям допуска, однако после вылеживания размер изменился на 0,012, что составляет 16% от допуска на размер.

Аналогичным измерениям были подвергнуты детали №2 и №3. Результаты измерений представлены в таблице 1.

Табл. 1. Результаты измерений диаметра Ø75Н9 Втулки направляющей

Номер измерения	Результат измерения					
	деталь №1		деталь №2		деталь №3	
	Темпера-тура детали, °C	Значение диаметра отверстия, мм	Темпера-тура детали, °C	Значение диаметра отверстия, мм	Темпера-тура детали, °C	Значение диаметра отверстия, мм
1	44	75,070	52	75,065	46	75,054
2	38	75,068	47	75,062	40	75,052
3	32	75,065	39	75,059	34	75,050
4	28	75,063	31	75,058	28	75,049
5	25	75,062	26	75,057	24	75,047
6	20	75,060	20	75,055	20	75,046
7	17	75,058	17	75,055	17	75,045
Значение разности результатов измерений, мм		0,012	0,010		0,09	

В процентном отношении отклонение размера составило для детали №2 – 13,5%, для детали №3 – 12%.

Таким образом, проведенные исследования наглядно демонстрируют изменение размера детали при изменении ее температуры, при прочих неизменных факторах. Полученные результаты говорят о необходимости соблюдения времени вылеживания детали после ее механической обработки с целью выравнивания температур объекта и средства измерений до начала измерений. Получены относительные значения отклонения от допуска на размер, среднее значение которых составило 14%, что подтверждает существенное влияние температуры на точность измерений.

Список литературы

1. Третьяк Л.Н. Обработка результатов наблюдений: Учебное пособие. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2004. – 171 с.
2. Анухин В.И. Допуски и посадки : учеб. пособие. Издательская программа: 300 лучших учебников для высшей школы. – 4-е изд. – М.: Питер, 2008. – 197 с.
3. ГОСТ 8.050 (СТ СЭВ 1155-78). Государственный стандарт Союза ССР. Государственная система обеспечения единства измерений. Нормальные условия выполнения линейных и угловых измерений.

Сведения об авторах:

Федорова Екатерина Михайловна – студент;

Бакурова Юлия Алексеевна – к.т.н., доцент кафедры инженерного образования.

ГИДРОМЕХАНИЗИРОВАННАЯ ДОБЫЧА ТОРФЯНОГО СЫРЬЯ ИНТЕНСИФИКАЦИЕЙ ПРОЦЕССА ВЛАГООТДЕЛЕНИЯ

Ваганова Э.А., Иванов С.Л.

Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург

Ключевые слова: гидромеханизированная добыча торфа, обводненное месторождение, торфяная пульпа, интенсификация процесса влагоотделения, гравитационное влагоотделение, магнитная обработка, первичное обезвоживание, механическое обезвоживание.

Аннотация. Усовершенствование технологий добычи и переработки торфяного сырья является актуальным. Гидромеханизированная добыча торфа на сегодняшний день является одной из эффективных и наиболее выгодных способов при разработке обводненных месторождений, без предварительного осушения месторождения, при этом комплекс технологических горных машин для ее осуществления отсутствуют.

HYDROMECHANIZED EXTRACTION OF PEAT RAW MATERIALS BY INTENSIFYING THE PROCESS OF MOISTURE SEPARATION

Vagapova E.A., Ivanov S.L.

Saint-Petersburg Mining University, Saint-Petersburg

Keywords: hydromechanized peat extraction, flooded fields, peat pulp, intensification of water separation, gravitational dewatering, magnetic processing, primary dehydration, mechanical dehydration.

Abstract. The improvement of peat extraction and processing technologies is urgent. Today, hydromechanized peat extraction is one of the most effective and most profitable ways of developing waterlogged deposits, without prior field drainage, with a set of technological mining machines for its implementation is lacking.

Применение средств гидромеханизированной добычи торфа при разработке обводненных и сильнообводненных месторождений позволяет исключить необходимость проведения водопонижения значительных территорий [1], работ по рекультивации и сохранить в неизменном состоянии ареалы флоры и фауны, окружающих торфяную залежь, таким образом обеспечить устойчивое функционирование естественных экологических систем [2-4].

Идея исследования заключается в интенсификации процесса влагоотделения торфяной пульпы при реализации геотехнологии добычи торфяного сырья обводненного месторождения, используя средства гидродобычи (рис. 1).

Описанная технология гидродобычи обеспечивает объединение трех стадий удаления влаги из торфяного сырья в один, а именно: кратковременного омагничивания в бегущем магнитном поле торфа влагой 96%; обезвоживание торфа влагой до 85% основанном на гравитационном обезвоживании; понижение влагосодержания с 85% до 72% откатию торфомассы путем послойного прессования с использованием установки обезвоживания с одновременным формованием полупродукта для дальнейшего трансфера торфяного сырья от комплекса на борт карьера для дальнейшей переработки.



Рис. 1. Интенсификация процесса влагоотделения торфяной пульпы при гидромеханизированной добыче

Для оценки перспективности применения эффекта омагничивания, выявления закономерностей физико-химических реакций и восприимчивости торфяной пульпы магнитной обработке, была проведена серия сравнительных экспериментов по интенсификации процесса влагоотделения гидроторфяной смеси [5, 6].

Полученные в ходе экспериментов подтвердили, что наличие в торфяной пульпе катионов железа положительно влияет на процесс водоотделения, интенсивность этого процесса более чем в 4 раза наблюдается в образцах с концентрацией железа 0,02% по сравнению с остальными. У проб с содержанием хлоридов и карбонатов имея отрицательную магнитную восприимчивость [7] наблюдалась малая интенсивность влагоотделения, что подтверждает влияние химического состава водной составляющей торфяной пульпы на процесс ее обезвоживания. При этом лучшим для интенсификации обезвоживания торфяной пульпы под действием бегущего магнитного поля является ее однократное омагничивание, так как при повторном воздействии магнитного поля на уже омагниченный образец наблюдается снижение интенсивности этого процесса, объясняемую тем, что при двукратном омагничивании происходит упорядочение молекул воды в новые плотные ассоциации, которые обволакивают частицы торфа и прочно удерживают их, при этом количество свободной воды уменьшается, а прочносвязанной – увеличивается.

Учитывая выявленные закономерности и тенденции интенсификации влагопонижения торфяного сырья обратимся к реализации данного подхода в торфодобыче на обводненных месторождениях [8]. В основу взята технология гидродобычи с применением земснаряда. Добычные работы осуществляются земснарядом, оснащенный оснащается фрезерно-шнековым разрыхлителем, всасывающая линия оснащена погружным грунтовым насосом, работающим в одной линии с центробежным насосом палубного размещения. Для замены протяженного пульпопровода для перекачки добытого торфяного сырья на поля сушки при стандартной гидромеханизированной технологии предлагается использовать земснаряда в тандеме с установкой обезвоживания торфа (Пат. № 2720341), представляющей собой плавсредство с установкой понижения влагосодержания формируемого сырья при послойном механическом отжатии торфяной пульпы в поддонах с двойным дном.

На основании проведенных исследований предложена инновационная технология первичного обезвоживания торфяной пульпы на борту плавучего комплекса по добыче и переработке торфяного сырья, определен состав и параметры необходимого для этого горного оборудования.

Список литературы

1. Мякотных А.А., Вагапова Э.А., Иванова П.В., Иванов С.Л. Средства и технологии добычи торфяного сырья обводненных месторождений // Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности: Сборник трудов XXI международной научно-технической конференции «Чтения памяти В.Р. Кубачека», проведенной в рамках Уральской гонопромышленной декады 06-07 апреля 2023 г. – Екатеринбург: Уральский государственный горный университет, 2023. – С. 76-79.
2. Валиев Н.Г.О., Гревцев Н.В., Лебзин М.С. Гидромеханизированный способ добычи торфа: современное состояние и перспективы // Известия Тульского государственного университета. Науки о земле. – 2020. – № 4. – С. 141-150.
3. Елифанов А.В., Васильева Е.А. Наилучшие достигнутые технологии и технологическое нормирование: учебное пособие. – СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2020. – 103 с.
4. Дементьев В.А. Эксплуатация обводненных месторождений. – М.: Горная книга, 2010. – 208 с.
5. Вагапова Э.А., Худякова И.Н., Иванов С.Л. Обоснование и выбор оборудования для первичного обезвоживания торфяного сырья при его гидромеханизированной добыче из неосушенной залежи // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – М.: Издательство «Горная книга», 2019. – № 7 (специальный выпуск 18). – С. 3-11. – DOI: 10.25018/0236-1493-2019-3-4-3-15.
6. Копаница Н.О., Сафронов В.Н., Ковалева М.А., Саркисов Ю.С. Активация сырьевых компонентов и формовочных смесей в производстве теплоизоляционных материалов // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2015. – № 5(677). – С. 22-29.
7. Голубев И.А., Голубев А.В., Лаптев А.Б. Практика применения аппаратов магнитной обработки для интенсификации процессов первичной подготовки нефти // Записки Горного института. – 2020. – Т. 245. – С. 554-560. – DOI: 10.31897/PMI.2020.5.7
8. Штин М.С. Гидромеханизированная добыча торфяной продукции энергетического назначения. – М.: Изд-во «Горная книга», 2012. – 360 с.

Сведения об авторах:

Вагапова Эльнара Абдуллаевна – аспирант;

Иванов Сергей Леонидович – д.т.н., профессор.

СНИЖЕНИЕ РИСКА ОТКАЗА КОМПЛЕКСА ОБОРУДОВАНИЯ ПРОКАТНОГО СТАНА КАК СЛОЖНОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Чериченко В.В.

Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург

Ключевые слова: сложная технологическая система, металлургия, надежность прокатного оборудования, система технического обслуживания и ремонта, влияние человека на надежность, риск.

Аннотация. Доклад содержит основные сведения о современном металлургическом производстве и о комплексе оборудования прокатного стана, а также рассматривает параметры работы оборудования. Описывается влияние надежности на протяжении жизненного цикла оборудования. В работе рассмотрено влияние человека на снижение риска отказа и повышение надежности оборудования в процессе технического обслуживания и ремонта.

REDUCING THE RISK OF FAILURE OF ROLLING MILL EQUIPMENT AS AN EDUCATIONAL TECHNICAL SYSTEM

Cherichenko V.V.

Saint-Petersburg Mining University, Saint-Petersburg

Keywords: complex technological system, metallurgy, reliability of rolling equipment, maintenance and repair system, human impact on reliability, risk.

Abstract. The report contains basic information about modern metallurgical production and the complex of rolling mill equipment, and also examines the parameters of the equipment. Describes the impact of reliability throughout the life cycle of equipment. The paper considers the influence of a person on reducing the risk of failure and increasing the reliability of equipment in the process of maintenance and repair.

На сегодняшний день прокатное производство России представляет собой развитую и конкурентоспособную отрасль промышленности. Согласно данным Росстата, объем производства проката в 2020 году составил более 55 миллионов тонн, что на 0,4% превышает показатели 2019 года [1].

Современные технологические процессы прокатного производства, для реализации которых создаются сложные производственные линии, отличаются, прежде всего, своей непрерывностью, высокой интенсивностью и энергетичностью реализуемых в них операций [2]. Оборудование, способное реализовать такие технологии, представляет собой взаимоувязанные высокоскоростные, сложные технологические агрегаты, машины и узлы которых рассчитаны выдерживать целый спектр разноплановых нагрузок и воздействий. В таких тяжелых условиях детали и узлы машин подвергаются интенсивному износу и имеют ограниченный срок службы. Интенсивность накопления повреждений в конструкционных материалах этих деталей определяется, прежде всего, их нагруженностью. Иницирующим механизмом нагружения элементов прокатного оборудования является технологический процесс обработки металла, который реализуется в очаге деформации и характер протекания которого для вида нагружения является определяющим.

Надежность оборудования металлургии, такого как прокатный стан, напрямую влияет на эффективность всего производства [3].

К вопросу надежности оборудования на сегодняшний день необходимо присматриваться еще с точки зрения решения внутренних вопросов развития основных производственных фондов нашего государства путем переоснащения существующих в стране производств и внедрения новых непрерывных высокоэффективных технологий.

Достижение высокого уровня надежности комплекса оборудования прокатного стана является сложным процессом, который должен закладываться на каждом этапе жизненного цикла оборудования. Процесс проектирования и конструирования является одним из наиболее важных процессов для повышения надежности, так как на данном этапе в прокатный стан закладываются все требуемые качества и возможности.

Поддержание высокого уровня надежности технологического оборудования необходимо на всех этапах его существования [4]. Однако, возможностью отказа этого оборудования нельзя пренебречь. С точки зрения надежности, отказ – это событие, которое нарушает работоспособное состояние, то есть состояние, в котором значения всех параметров, характеризующих его способность выполнять заданные функции, соответствуют требованиям нормативной и технической документации.

Риск – это возможность возникновения неблагоприятной ситуации или неудачного исхода при определенных действиях. Прокатный стан представляет собой сложную техническую систему, состоящую из множества компонентов и подсистем, которые работают в совокупности, чтобы производить высококачественный продукт. Прокатный стан является сложной технической системой, так как внутри этой системы помимо взаимодействия узлов и компонентов друг с другом со всем

причисленным взаимодействует еще и человек, поэтому такую систему сложно описать с помощью математической модели.

Однако, как и любая сложная техническая система, прокатный стан может подвергаться отказам, что может привести к значительным проблемам, таким как потери производительности и безопасности.

Современный прокатный стан может быть полностью автоматизированным, так что человек взаимодействует с ним только как оператор, а так как многие металлургические предприятия работают непрерывно, то запуск и остановка прокатного стана происходит крайне редко. Гораздо сильнее на работоспособное состояние прокатного стана человек влияет во время проведения технического обслуживания и ремонта.

Чтобы снизить риск отказа комплекса оборудования прокатного стана, следует уделить внимание следующим мерам.

1. Регулярное техническое обслуживание и контроль. Регулярное техническое обслуживание и контроль оборудования может помочь выявить потенциальные проблемы и предотвратить их возникновение.

2. Внедрение системы мониторинга состояния оборудования. Система мониторинга состояния оборудования может помочь обнаружить неисправности в ранней стадии и предотвратить серьезные отказы.

3. Обучение персонала и соблюдение правил безопасности. Работники, которые знакомы с правильным использованием и техническим обслуживанием оборудования, могут помочь предотвратить повреждения и отказы.

4. Замена устаревшего оборудования. Устаревшее оборудование может быть неэффективным и неоптимальным в использовании, что может привести к отказам и проблемам.

Все перечисленные меры так или иначе связаны со взаимодействием человека и технологического оборудования. Правильно выбранная система технического обслуживания и ремонта будет являться основой по снижению отказа оборудования, однако не сможет полностью убрать фактор отказа. Поэтому в первую очередь необходимо обратить внимание на персонал, который будет взаимодействовать с оборудованием в процессе технического ремонта и обслуживания. Персонал должен обладать определенной квалификацией, необходимой для качественного обслуживания и ремонта и использовать в процессе взаимодействия специализированные инструменты, позволяющие производить работы с высокой точностью.

Также необходимо внедрять инновации в техническое обслуживание, так как при грамотном использовании они могут повысить эффективность производственных процессов и снизить вероятность возникновения отказа комплекса оборудования прокатного стана.

Одна из таких инноваций – это использование беспилотных технологий. Беспилотные технологии позволяют автоматизировать процессы технического обслуживания и ремонта прокатного стана. Системы беспилотных технологий могут проводить диагностику оборудования, определять неисправности и дефекты, а также проводить ремонтные работы. Это позволяет увеличить эффективность работы, сократить время на проведение ремонтных работ и снизить затраты на обслуживание и ремонт.

Помимо этого, появляется возможность использовать 3D-печати. 3D-печать позволяет производить детали и компоненты для прокатного стана на месте и в кратчайшие сроки. Это увеличивает быстроту проведения ремонтных работ и сокращает время простоя оборудования. Кроме того, 3D-печать позволяет снизить затраты на закупку и хранение запасных частей.

Все вышеперечисленное может повысить надежность и снизить риск отказа прокатного оборудования, однако, даже используя самые совершенные технологии невозможно полностью исключить влияние человека на безотказность оборудования.

Список литературы

1. Костюхин Ю.Ю., Савон Д.Ю. Тенденции развития черной металлургии в России. Экономика промышленности // Russian Journal of Industrial Economics. – 2020. – Т. 13. – С. 158-166. – <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2020-2-158-166>.
2. Юзов О.В., Петракова Т.М. Тенденции изменения экономических показателей черной металлургии России в период финансово-экономического кризиса и посткризисного развития. Экономика промышленности // Russian Journal of Industrial Economics. – 2011. – Т. 3. – С. 56-62. – <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2011-3-56-62>.
3. Шимов Г.В., Буркин С.П. Основы технологических процессов обработки металлов давлением: учебное пособие / Под общ. ред. С. П. Буркина. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2014. – 160 с.
4. Берг Д.Б. Модели жизненного цикла: учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во Урал, 2014. – 74 с.

Сведения об авторе:

Чериченко Вячеслав Владимирович – магистрант.

СТРУКТУРНАЯ НАДЕЖНОСТЬ МАШИН С ТРАНСФОРМИРУЕМЫМИ ОТВАЛАМИ

*Ануфриев К.А., Репин С.В.**Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Санкт-Петербург*

Ключевые слова: строительные и дорожные машины, надежность, вероятность отказа, система, подсистема, интенсивность потоков отказов.

Аннотация. В статье рассматриваются результаты исследований структурной надежности систем машин с трансформируемыми отвалами, а также подсистем, влекущих за собой отказы верхнего уровня. Также приведены графические изображения величин вероятностей отказов машин, оснащенных трансформируемым рабочим оборудованием по двум уровням систем. Данные для расчетов взяты из Интернет-пространства.

STRUCTURAL RELIABILITY OF MACHINES WITH TRANSFORMABLE DUMPS

*Anufriev K.A., Repin S.V.**Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Saint-Petersburg*

Keywords: construction and road vehicles, reliability, probability of failure, system, subsystem, the intensity of failure flows.

Abstract. The article discusses the results of studies of the structural reliability of machine systems with transformable dumps, as well as subsystems that entail top-level failures. Graphic images of the values of the failure probabilities of machines equipped with transformable working equipment on two levels of systems are also given. The data for the calculations are taken from the Internet space.

Введение

Целью работы заключается в проведении анализа надежности отдельных узлов и агрегатов машины с рассмотрением.

Для описания вероятностей состояний машины на основании информации об интенсивностях потоков отказов $\lambda_i(t)$ и восстановлений $\mu_i(t)$ отдельных из n -го количества узлов целесообразно использовать теорию массового обслуживания.

Выведем теоретическое выражение коэффициента готовности – комплексного показателя надежности технического объекта. Машина состоит из большого числа элементов, отказ которых в процессе эксплуатации устраняют внеплановым ремонтом. Поочередно в случайные моменты времени машина из исправного состояния (S_0) может переходить в состояние отказа первого элемента (S_1) или второго и т. д. вплоть до S_n .

Время простоя в внеплановом ремонте также является случайной величиной, зависящей от характера повреждений элемента, наличия запасных частей и т. п. Если принять поток отказов и восстановлений простейшими, то машину можно рассматривать как систему массового обслуживания (СМО).

Для установившегося режима СМО можно описать уравнениями:

$$-P_0\lambda_1 + Q_1\mu_1 = 0;$$

$$-P_0\lambda_2 + Q_2\mu_2 = 0;$$

...

$$-P_0\lambda_n + Q_n\mu_n = 0;$$

$$P_0 + Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n = 1,$$

где P_0, Q_1, Q_n – вероятности нахождения системы соответственно в исправном состоянии (ноль отказов), с отказом первого элемента, с отказом n -го элемента; $\lambda_{1\dots n}$ и $\mu_{1\dots n}$ – соответствующие интенсивности потоков отказов и восстановлений.

Решая систему уравнений, можно выразить вероятности всех состояний:

$$Q_i(t) = P_0(t) \frac{\lambda_i(t)}{\mu_i(t)}; \quad P_0(t) = \left[1 + \sum_{i=1}^n \frac{\lambda_i(t)}{\mu_i(t)} \right]^{-1}; \quad \mu_i = \frac{1}{T_{gi}}; \quad \lambda_i = \frac{1}{T_{omi}},$$

где P_0, Q_i – вероятности нахождения машины соответственно в исправном состоянии (ноль отказов), с отказом i -го элемента;

$\mu_i(t)$ – интенсивность потока восстановлений;

T_{gi} – время восстановления работоспособности машины после отказа i -го элемента;

$\lambda_i(t)$ – интенсивность потока отказов;

T_{omi} – время отказа i -го элемента.

Из проведенного исследования следует, что наиболее вероятен отказ гидравлической системы (рис. 3, 4).



Рис. 3. Вероятности отказов систем машины.



Рис. 4. Вероятности отказов подсистем гидравлической системы машины

По итогу можно сделать вывод, что наиболее уязвимой для отказа является гидравлическая система, а наиболее уязвимой для отказа подсистемой является гидроцилиндр, т.к. он воспринимает на себя большие нагрузки, в случае использования отвала типа «Бабочка». Это говорит о том, что следует уделять особое внимание к осмотру и эксплуатации данной системы/подсистемы.

Список литературы

1. Репин С.В., Евтюков С.А., Зазыкин А.В., Рулис К.В. Надежность и эффективность эксплуатации транспортно-технологических машин. – М.: Издательский дом «Петрополис», 2017. – 404 с.
2. Поиск эксплуатационных данных [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.avito.ru/sankt-peterburg?q=Отвал++бабочка>
3. Обзор конструкций отвалов типа «Бабочка» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://promportal.su/tags/8571/otval-babochka/>
4. Анализ состояния рынка строительной техники на начало 2023 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://srcms.ru/mair/11/11.html>
5. Методические указания по разработке сметных норм и расценок на эксплуатацию строительных машин и автотранспортных средств [МДС 81-3.99] – М.: Госстрой России. – 1999. – 32 с.
6. Рекомендации по организации технического обслуживания и ремонта строительных машин [МДС 12-8.2007] – М.: ЦНИИОМТП, – 2007. – 61 с.
7. Репин С.В., Зазыкин А.В., Чмилъ В.П. Расчетные модели обеспечения работоспособности и эффективности строительных машин в эксплуатации. Учебное пособие. – СПб.: СПбГАСУ, 2015. – 76 с.

Сведения об авторах:

Ануфриев Кирилл Андреевич – студент;

Репин Сергей Васильевич – д.т.н., профессор кафедры «Наземные транспортные технологические машины».

МЕТОДИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ТЕМЫ “АРХЕОЦИАТЫ” В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

*Неледва Н.О., Никитин Е.К., Комаров В.Н.**Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе, Москва*

Ключевые слова: палеонтология, стратиграфия, примитивные многоклеточные, археоциаты, фильтраторы, рифостроители, нижний кембрий.

Аннотация. Приведены общие сведения об археоциатах. Рассмотрены их морфология, образ и время жизни, породообразующее значение и трудности изучения. Впервые комплексно описаны археоциаты, хранящиеся в учебной коллекции кафедры палеонтологии и региональной геологии МГРИ. Проанализировано методическое значение темы “Археоциаты” в процессе изучения студентами курса “Основы палеонтологии и общая стратиграфия”.

METHODOLOGICAL SIGNIFICANCE OF THE TOPIC “ARCHEOCYATES” IN THE EDUCATIONAL PROCESS

*Neledva N.O., Nikitin E.K., Komarov V.N.**Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting, Moscow*

Keywords: paleontology, stratigraphy, primitive multicellular, archaeocyates, filtrators, reef builders, Lower Cambrian.

Abstract. General information about archaeocyates is given. Their morphology, lifestyle and time of life, breed-forming significance and difficulties of study are considered. For the first time, archaeocyates stored in the academic collection of the Department of Paleontology and Regional Geology of MGRI are comprehensively described. The methodological significance of archeocyates in the process of studying by students of the course “Fundamentals of Paleontology and general stratigraphy” is analyzed.

Археоциаты представляют собой одну из самых интересных групп вымерших примитивных многоклеточных организмов, которой посвящена многочисленная литература [1-4]. Они имели коническую или цилиндрическую форму тела. Развивались археоциаты одиночно, но могли также образовывать колонии сложной формы. Они имели сплошной известковый скелет, состоящий из пластинок. Археоциаты были активными фильтраторами. Археоциаты, имевшие карбонатный скелет, характеризуются огромным породообразующим значением. Это были первые в истории Земли рифострояющие организмы. В благоприятных условиях мощность образованных ими биогермов и иловых холмов могла достигать 400-800 м и более.

Самые древние скелетные представители археоциат появились в начале раннекембрийской эпохи, в конце которой они полностью вымерли. Они имеют огромное значение для палеонтологии и стратиграфии. С их помощью проводится максимально подробное расчленение двух нижних ярусов кембрийской системы.

Изученная нами коллекция археоциат кафедры палеонтологии и региональной геологии МГРИ включает 16 приполированных каменных образцов, величина самого крупного из которых достигает 11,0 см, а также 40 прозрачных шлифов, некоторые из которых достигают размера 5x8 см. Каменные образцы отличаются друг от друга окраской, текстурными особенностями и комплексами археоциат. Можно предположить, что они происходят минимум из девяти различных местонахождений. Точная их привязка и точный возраст, к большому сожалению, не известны. Скорее всего, весь изученный материал был обнаружен на Сибирской древней платформе.

В каменных образцах выявлено не менее 70 правильных археоциат и не менее 17 неправильных археоциат. Очень часто они встречаются совместно. Почти все кубки представлены поперечными сечениями. В прозрачных шлифах обнаружено не менее 320 археоциат. В основном наблюдались поперечные или близкие к таковым сечения кубков. Были также встречены косые и продольные сечения. В подавляющем большинстве шлифов преобладают неправильные археоциаты. На их долю приходится 61% от общего числа. Лишь в одном шлифе, размером 5x7,5 см, который, наверняка был сделан в ходе обработки органогенного археоциатового известняка, было обнаружено резкое преобладание правильных археоциат. Их обнаружено не менее 93. При этом неправильных археоциат в данном образце встречено лишь 7 экземпляров (7%). Диаметр изученных археоциат на поперечных сечениях обычно варьирует от 1 до 5 мм. На долю таких форм приходится 65% от их общего числа. Самые мелкие археоциаты имеют размер порядка 0,3-0,5 мм. Диаметр самого крупного правильного археоциата составил 2,6 см, а самого крупного неправильного – 5,2 см. Кроме того, на одном каменном образце наблюдался отпрепарированный кубок правильного археоциата, длина которого достигает 5,5 см.

Обилие археоциат позволило в деталях наблюдать большое разнообразие особенностей морфологии их кубков – септы, днища, тении, столбики, тубулы, поры и т.д. Определение археоциат очень трудный процесс. Кроме того, обязательно надо иметь сведения о месте находки и возрасте вмещающих отложений. Нами было выделено не менее 12 различных морфотипов археоциат, которые,

возможно, отвечают различным таксонам родового ранга. Археоциаты регулярно изучаются студентами на лабораторных занятиях по основам палеонтологии в МГРИ. Они являются очень эффективным, разносторонним материалом, позволяющим вместе со студентами успешно решать самые различные учебные задачи, связанные со многими проблемами палеонтологии и основными тенденциями её развития. В тоже время для неподготовленных студентов археоциаты остаются сложным объектом на контрольных работах по палеонтологии – их путают с нуммулидами. На примере археоциат студенты узнают о трудностях процесса определения ископаемых остатков – отнесения их к одному из таксонов какой-либо существующей классификации. Причины этих трудностей, в том числе, заключаются в различной степени сохранности материала. На примере археоциат студенты предметно знакомятся с целым рядом важнейших понятий, в частности с адаптивной конвергенцией – морфологическим сходством скелета неродственных групп, ведущих сходный образ жизни. Короткая и драматичная история существования археоциат интересна также для обсуждения проблемы вымираний древних организмов. Археоциаты с успехом могут быть использованы для выяснения особенностей палеогеографических обстановок и построения для данных организмов детальной экологической модели. Их находки (в совокупности с другими факторами), в целом считаются показателем мелководности образования осадков. Обилие археоциат, широчайшее географическое распространение многих из них и очень небольшая длительность существования отдельных таксонов делает их чрезвычайно важными для целей детальной биостратиграфии, что обсуждается со студентами в ходе изучения не только основ палеонтологии, но и общей стратиграфии. На примере археоциат всегда анализируются проблемы скелетной революции, произошедшей в начале кембрийского периода, а также общие вопросы пороодообразующего значения ископаемых организмов.

Список литературы

1. Вологдин А.Г. Тип Archaeocyatha. Археоциаты // Основы палеонтологии. Губки, археоциаты, кишечнополостные, черви. – М.: Изд-во АН СССР, 1962. – С. 89-139.
2. Журавлева И.Т., Ёлкина И.Н. Археоциаты Сибири. Этмофиллоидные археоциаты. – М.: Наука, 1974. – 167 с.
3. Розанов А.Ю. Закономерности морфологической эволюции археоциат и вопросы ярусного расчленения нижнего кембрия. – М.: Наука, 1974. – 165 с.
4. Розанов А.Ю., Скорлотова Н.А. Правильные археоциаты. Учебно-методическое пособие. – М.: ПИН РАН, 2013. – 55 с.

Сведения об авторах:

Неледва Никита Олегович – студент;

Никитин Егор Константинович – студент;

Комаров Владимир Николаевич – к. г.-м. н., доцент.

НОВЫЕ ДАННЫЕ ОБ ЭПИБИОНТАХ И СЛЕДАХ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ СВЕРЛИЛЬЩИКОВ НА РАКОВИНАХ БРАХИОПОД

Вайтиева Ю.А., Волкова Е.А., Качалина М.Д., Комаров В.Н.

Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе, Москва

Ключевые слова: эпибионты, сверлильщики, мшанки, микроконхиды, брахиоподы, гастроподы, венлок, фамен, пермь, Эстония, Липецкая область, Самарская область.

Аннотация. Рассмотрены следы жизнедеятельности сверлильщиков и эпибионты (мшанки, микроконхиды, кранииды и табуляты) на раковинах брахиопод из венлокских, фаменских и пермских отложений Эстонии, а также Липецкой и Самарской областей. Нападение хищных гастропод на раковины брахиопод происходило при жизни последних. Находки мшанок и микроконхид в непосредственной близости от комиссуры свидетельствуют об их прижизненном поселении, позволявшим получать из входящего потока воды часть пищи брахиопод.

NEW DATA ON EPIBIONTS AND TRACES OF DRILLING ACTIVITY ON BRACHIOPOD SHELLS

Vaytieva Yu.A., Volkova E.A., Kachalina M.D., Komarov V.N.

Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting, Moscow

Keywords: epibionts, drilling organisms, bryozoa, microconchids, brachiopods, gastropods, Venlokian, Famenian, Permian, Estonia, Lipetsk region, Samara region.

Abstract. Traces of the life activity of drilling organisms and epibionts (bryozoa, microconchids, craniids and tabulates) on the shells of brachiopods from the Venlokian, Famenian and Permian deposits of Estonia, as well as the Lipetsk and Samara regions are considered. The attack of predatory gastropods on the shells of brachiopods occurred during the life of the latter. The findings of bryozoa and microconchids in the immediate vicinity of the commissura indicate their lifetime settlement, which allowed them to receive part of the brachiopod food from the incoming water stream.

В результате изучения эпибионтов и следов жизнедеятельности на раковинах различных брахиопод были получены следующие результаты [1-4]. Доля обросших мшанками раковин ринхонеллид *Estonirhynchia estonica* Н. Schmidt из венлокских отложений острова Сааремаа (Эстония) составляет 6,5% от общего числа исследованных брахиопод, покрытых микроконхидами также 6,5%, покрытых краниидами – 2%, что свидетельствует о редкости использования различными организмами раковин ринхонеллид в качестве субстрата. Указанные цифры, в свою очередь, могут говорить и об их редкости в палеобиоценозах. В то же время доля повреждённых сверлильщиками раковин составляет 13,4%, что свидетельствует о довольно обычных случаях использования гастроподами раковин ринхонеллид в качестве пищи.

Доля повреждённых сверлильщиками раковин атиридид *Athyris concentrica* (Buch) из елецкого горизонта (фаменский ярус) Липецкой области составляет 2,8% от общего числа изученных атиридид, обросших мшанками – 4,4%, покрытых микроконхидами – 1,8%, что свидетельствует о крайней редкости использования различными организмами раковин атиридид в качестве пищи или субстрата. Указанные цифры, в свою очередь, могут говорить и о редкости хищных гастропод, мшанок и микроконхид в палеобиоценозах.

Доля повреждённых сверлильщиками раковин продуктид *Aulosteges horrescens* (Verneuil) из байтуганских слоёв нижеказанского подъяруса окрестностей села Байтуган (Камышлинский район, северо-восток Самарской области) составляет 3,5% от общего числа изученных брахиопод, покрытых микроконхидами – 0,2%, обросшими продуктидами – 1,7%, с гастроподами – 0,4%, что свидетельствует о редкости использования этими организмами раковин *Aulosteges horrescens* в качестве пищи или субстрата. В то же время доля обросших мшанками раковин составляет 34% от общего числа изученных брахиопод, что свидетельствует о масштабном процессе использования мшанками их раковин в качестве субстрата и об обилии мшанок в палеобиоценозах.

Доля повреждённых сверлильщиками раковин спириферид *Licharewia rugulata* (Kutorga) из байтуганских слоёв нижеказанского подъяруса окрестностей села Байтуган (Камышлинский район, северо-восток Самарской области) составляет 0,6% от общего числа изученных спириферид, обросших микроконхидами – 2%, покрытых гастроподами *Lepetopsis golowinskyi* – 1%, обросших продуктидами – 0,4%. Это свидетельствует о редкости использования данными организмами раковин спириферид в качестве пищи или субстрата. Указанные цифры, в свою очередь, могут говорить и об их редкости в палеобиоценозах. В то же время на долю обросших мшанками раковин приходится 36,6% от общего числа изученных брахиопод, что свидетельствует о масштабном процессе использования мшанками их раковин в качестве субстрата. Это, в свою очередь, говорит об обилии самих мшанок в палеобиоценозах.

Интересным является решение вопроса о том, прикреплялся ли эпибионт к скелету другого организма при его жизни или уже после гибели. В первом случае обе формы (и служащая субстратом, и прикрепившаяся) являются представителями одного палеобиоценоза и могут дать неоценимый материал для фациальных реконструкций. Во втором случае заключения, базирующиеся на экологическом исследовании обеих форм, были бы ошибочными, поскольку организм, являвшийся субстратом, мог не только не входить в состав данного комплекса, но и иметь значительно более древний возраст. Чётким указанием на прикрепление при жизни служащего субстратом животного является расположение приросших существ на периферийных частях раковин, обеспечивающее лучшие условия питания при функционировании организма–субстрата. Свидетельством поселения прикреплённых беспозвоночных на остатках отмерших организмов являются их находки на внутренних участках этих скелетных образований или на тех поверхностях, которые при жизни организма были закрыты мягким телом. Прикрепление к раковинам глубоко зарывавшихся беспозвоночных также возможно только после их смерти.

Нападение хищных гастропод на брахиопод происходило при жизни последних. Поселение мшанок могло быть как прижизненным, так и посмертным. Находки колоний мшанок в непосредственной близости от комиссуры свидетельствуют о том, что в данном случае, несомненно, было прижизненное поселение мшанок, позволявшее им получать из входящего потока воды часть пищи брахиопод. Обнаружение непрерывного перехода колонией мшанок через края раковины, однозначно свидетельствует о посмертном поселении мшанок, так как живые брахиоподы, приоткрывая створки, препятствовали переходу обрастателей со створки на створку.

В биотических отношениях современные (и, по всей видимости, и ископаемые) брахиоподы играют преимущественно пассивную и в большинстве случаев незначительную роль. Добычей хищников (рыб, крабов, морских звёзд, гастропод) они становятся редко.

Список литературы

1. Измайлова А.А., Головастов Д.А., Вайтиева Ю.А., Павлидис С.Б., Гончарова Е.И., Локтионов А.Д., Комаров В.Н. Девонские эпибионты. – М.: ООО “ТИИЦ”, 2021. – 82 с.
2. Комаров В.Н., Измайлова А.А., Головастов Д.А., Гончарова Е.И. Девонские клумбы для животных-мхов и животных-цветов // Природа. – 2021. – № 5. – С. 19-24. – doi.org/10.S0032874X21050033.
3. Комаров В.Н., Измайлова А.А., Головастов Д.А., Гончарова Е.И. Микрокосм девонских микроконхид и корнулитид Закавказья // Природа. – 2021. – №7. – С. 47-54. – doi.org/10.S0032874X2107005X.
4. Комаров В.Н., Павлова Ю.Э., Бушманова Ю.Д. Первая находка эпибионтов на раковинах уральских атрипид // Природа. – 2022. – № 1. – С. 60-63. – doi.org/10.S0032874X22010069.

Сведения об авторах:

Вайтиева Юлия Алексеевна – студент;

Волкова Елизавета Андреевна – студент;

Качалина Мария Дмитриевна – студент;

Комаров Владимир Николаевич – к. г.-м. н., доцент.

О НЕКОТОРЫХ ИТОГАХ РАЗВИТИЯ ТРУБОПРОВОДНОГО ТРАНСПОРТА УГЛЕВОДОРОДОВ В ХМАО-ЮГРЕ

Солодовников А.Ю.

Тюменское отделение «СургутНИПИнефть», Тюмень

Ключевые слова: трубопроводный транспорт, углеводороды, Ханты-Мансийский автономный округ-Югра, нефтяные компании, аварии.

Аннотация. В статье рассматривается развитие промыслового трубопроводного транспорта в Ханты-Мансийском автономном округе-Югре за период с 2005 по 2020 гг. Было отмечено, что отрасль развивается динамично и эта динамика обусловлена необходимостью поддержания добычи и прокачки углеводородов на достигнутом уровне. На конкретных примерах показано, что большая часть трубопроводов находится на балансе крупных нефтяных компаний. Также отмечено, что трубопроводы являются одним из важнейших техногенных объектов, способствующих преобразованию природы.

RESULTS OF GAS PIPELINE'S DEVELOPMENT AND TRANSPORT IN KHMAD-UGRA

Solodovnikov A.Yu.

Tyumen department of «SurgutNIPIneft», Tyumen

Keywords: pipeline transport, hydrocarbons, KhMAD-Ugra, oil companies, incidents.

Abstract. In this article the development of pipeline transport system in KhMAD-Ugra in 2005-2020 is observed. The industry is rapidly developed and the dynamics of this development depends on hydrocarbons extraction and it's need for the region. This dynamics is emphasised. Examples show that most of the pipelines are owned by the greater oil companies. Also it is notified that pipelines are the greatest technogenic objects that influence the nature's transformation.

Как известно Ханты-Мансийский автономный округ-Югра (далее – ХМАО-Югра) является главным нефтедобывающим регионом России. На его территории добывается не менее половины российской нефти. Добыча других углеводородов (газа и конденсата) незначительна. Поэтому речь будет идти в основном о нефти. При этом мало только добыть нефть, хотя это и не очень просто. Нужно её направить к скважинам, собрать на скважинах, транспортировать сначала до мест первичной очистки и переработки, затем доставить в систему магистральных нефтепроводов. Эта последовательность действий частично относится к конденсату и газу.

Для функционирования нефтегазодобывающего комплекса на территории автономного округа создана разветвлённая сеть трубопроводов. По функциональному назначению они включают в себя водоводы, нефтепроводы, газопроводы, продуктопроводы. Несмотря на более чем 60-летний период нефтегазодобычи, характеризующийся в наше время сокращением добычи углеводородов, сеть трубопроводов ежегодно увеличивается. Так, с 2005 по 2020 гг. длина нефтесборных трубопроводов выросла в 1,4 раза, межпромысловых нефтепроводов – в 1,3 раза, газопроводов – в 1,5 раза, водоводов – в 1,2 раза (табл. 1). Кроме того, на объектах подготовки нефти и воды, компрессорных станциях эксплуатируется большое количество технологических трубопроводов. Также по территории ХМАО-Югры проходят магистральные нефте-, газо- и продуктопроводы.

Табл. 1. Протяжённость трубопроводной инфраструктуры в ХМАО-Югре в 2005-2020 гг., тыс. км

Наименование	2005 г.	2010 г.	2015 г.	2020 г.
Нефтесборные трубопроводы	25,1	29,0	31,7	35,0
Внутриплощадочные нефтепроводы		5,6	5,4	5,2
Межпромысловые нефтепроводы	10,6	13,7	13,8	13,8
Газопроводы	7,2	9,0	10,7	10,6
Низконапорные водоводы	5,3	5,2	4,4	3,4
Высоконапорные водоводы	22,4	24,8	26,5	28,0
Внутриплощадочные водоводы		2,2	2,3	2,6

Источники: составлена по [1-3].

Почти 80% протяжённости трубопроводов приходится на 3 нефтяные компании (в порядке возрастания) – ПАО «ЛУКОЙЛ» (22,9%), ПАО «Роснефть» (24,8%) и ПАО «Сургутнефтегаз» (30,3%). При этом ПАО «Сургутнефтегаз» является лидером по протяжённости почти всех типов трубопроводов (табл. 2).

Табл. 2. Длина трубопроводов по крупнейшим недропользователям в ХМАО-Югре в 2021 г., %

Компания	Внутриплощадочные н/п	Внутрипромысловые н/п	Межпромысловые н/п	Высоконапорные в/в	Низконапорные в/в	Внутриплощадочные в/в	Промысловые г/п
ПАО «ЛУКОЙЛ»	42,4	22,5	21,3	20,0	16,7	39,1	21,7
ПАО «Роснефть»	5,7	25,8	20,3	30,0	41,0	6,3	22,8
ПАО «Сургутнефтегаз»	36,4	27,4	26,2	31,3	27,1	39,1	39,0
АО «ННК»	4,7	4,4	3,8	3,8	5,8	4,9	3,6
ПАО «НГК «Славнефть»	3,0	7,3	10,5	5,8	2,5	2,7	2,6
ПАО «Газпром нефть»	0,2	4,4	5,8	2,8	2,6	4,0	3,0
ПАО НК «РуссНефть»	4,0	2,6	6,2	1,9	3,0	1,5	3,7
Прочие	3,6	5,6	5,9	4,4	1,3	2,4	3,6
Итого	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Примечание: н/п – нефтепроводы, в/в – водоводы, г/п – газопроводы.

Источник: составлена по [4].

При этом следует помнить, что значимость трубопроводов ограничивается не только позитивной ролью, обусловленной передачей продукции недр. Они оказывают негативное воздействие на окружающую среду. Оно проявляется на всех стадиях существования трубопроводов от строительства и до ликвидации в основном в виде механического воздействия, связанного со строительными работами вследствие раскопа земной поверхности. Но наибольший ущерб окружающей среде приносят аварийные ситуации, случающиеся ежегодно. Количество аварий исчисляется несколькими тысячами. Только за 2010-2021 гг. [4] общее количество аварий в ХМАО-Югре составило 34,7 тыс. Наибольшее число пришлось на ПАО «Роснефть» – почти 90%. Второе место с большим отрывом занимает АО «Томскнефть» ВНК (7%) и замыкает тройку ПАО «ЛУКОЙЛ» (1,3%).

Таким образом, следует отметить, что трубопроводный транспорт в ХМАО-Югре относится к числу важнейших отраслей экономики. Он обеспечивает прокачку всей нефти, газа и конденсата, добываемых на территории автономного округа и также выполняет функции транзита углеводородов, идущих с территории ЯНАО в другие регионы страны. В тоже время он относится к числу производств, оказывающих наиболее сильное антропогенное воздействие на окружающую среду за счёт большого количества аварий.

Список литературы

1. Недропользование в Ханты-Мансийском автономном округе-Югре в 2005 г. – Тюмень–Ханты-Мансийск.: Издат. дом «ИздатНаукаСервис», 2006. – 136 с.
2. Недропользование в Ханты-Мансийском автономном округе-Югре в 2015 г. – Тюмень–Ханты-Мансийск.: Издат. дом «ИздатНаукаСервис», 2016. – 239 с.
3. Недропользование в Ханты-Мансийском автономном округе-Югре в 2020 г. – Тюмень–Ханты-Мансийск.: Издат. дом «ИздатНаукаСервис», 2021. – 244 с.
4. Недропользование в Ханты-Мансийском автономном округе-Югре в 2021 г. – Тюмень–Ханты-Мансийск.: Издат. дом «ИздатНаукаСервис», 2022. – 242 с.

Сведения об авторе:

Солодовников Александр Юрьевич – доктор географических наук, доцент, начальник научно-исследовательского отдела Экологии Тюменского отделения.

3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИ ПОМОЩИ АЭРОФОТОСЪЕМКИ

Силина А.Р., Федорова А.Р., Дамрин А.Г.

*Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ),
Москва*

Ключевые слова: аэрофотосъемка, 3D-моделирование, мониторинг, геодезия, Agisoft Metashape.

Аннотация. В работе рассматриваются технологии аэрофотосъемки, для реализации задач 3D-моделирования в программе Agisoft Metashape. Задача заключается в пространственном моделировании территории учебного комплекса Российского государственного геологоразведочного университета им. С. Орджоникидзе для оценки и разработки проекта его модернизации и реконструкции. В работе раскрываются особенности применения аэрофотосъемки с помощью DJI Mavic 2 Pro и DJI Mavic Mini 2 и возможности обработки данных в ПО Agisoft Metashape.

PERFORMING 3D MODELS USING AERIAL PHOTOGRAPHY

Silina A.R., Fedorova A.R., Damrin A.G.

Sergo Ordzhonikidze Russian State Geological Exploration University (MGRI), Moscow

Keywords: aerial photography, 3D modeling, monitoring, geodesy, Agisoft Metashape.

Abstract. The work considers the technology of aerial photography, to implement the tasks of 3D-modeling in the Agisoft Metashape program. The task consists in spatial modeling of the territory of the educational complex of the Russian State Geological Exploration University named after S. Ordzhonikidze to evaluate and develop a project of its modernization and reconstruction. The paper reveals the specifics of aerial photography using DJI Mavic 2 Pro and DJI Mavic Mini 2 and the possibilities of data processing in Agisoft Metashape software.

Текст доклада: Использование аэрофотосъемки для создания 3D моделей местности выполняется для решения прикладных и практических задач инженерно-геодезических изысканий [1]. Анализ обзора методов исследований показал эффективность и целесообразность применения стандартной аэрофотосъемки с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) и обработкой данных в программе Agisoft Metashape Professional.

Создание 3D моделей позволяет проводить мониторинг и контроль различных процессов в статике и динамике. Контраст точек позволяет дать оценку состояния инженерных сооружений, строительных конструкций, отдельных жилых микрорайонов, физических объектов – выходов слоистых горных пород, кор выветривания, разломов, карста и других [2]. Благодаря этому, возможно получение детализированной информации о структуре инженерных и природных объектов, что позволяет прогнозировать их динамику в перспективе [3].

Авторами проведена актуализация на практике методики аэрофотосъемки с помощью БПЛА DJI Mavic 2 Pro и DJI Mavic Mini 2 и обработкой данных в программном комплексе Agisoft Metashape Professional. Реализация осуществлялась на территории учебного комплекса Российского государственного геологоразведочного университета им. С. Орджоникидзе (РГГРУ) для оценки и разработки проекта его модернизации и реконструкции. Перед началом съемки были поставлены маркеры и определены их координаты с помощью GPS-приемника Prince i30.

В результате выполнения работ было сделано 2300 снимков и определены координаты точек привязки, по которым в программе Agisoft Metashape были получены 3D модели выбранного объекта.

Программа Agisoft Metashape Professional предназначена для создания цифровых моделей и ортофотопланов. Достоинствами являются обработка больших наборов данных, полная автоматизация и интуитивный интерфейс.

Камеральная обработка заключалась в создании проекта, загрузки первичной информации, выбора системы координат, измерения координат опорных точек на снимках. Затем выполнялось выравнивание снимков.

При необходимости выполняют построение плотного облака точек, что позволяет варьировать качество изображения (рис. 1).

После загрузки получаем точную модель в высоком качестве с удалением лишних связующих точек (рис. 2).

С помощью, полученной 3D модели возможно измерение геометрических и параметрических параметров объектов: длины, площади, объема и др. В данном случае были выполнены геодезические обмеры учебного комплекса РГГРУ для обоснования и разработки проекта модернизации и реконструкции.



Рис. 1. Плотное облако точек МГРИ РГГРУ [составлено автором]



Рис. 2. Модель МГРИ РГГРУ [составлено автором]

Возможности создания 3D моделей при помощи аэрофотосъёмки с беспилотных летательных аппаратов доказали свою эффективность [4]. Использование БПЛА в качестве платформ для аэрофотосъёмки имеет большой потенциал для обследования небольших территорий и линейных объектов. Данные аэрофотосъёмки позволяют получить высококачественный картографический материал в формате пространственных данных.

3D модели местности также целесообразно использовать в архитектуре и строительстве, для создания моделей зданий и инфраструктуры, а также в различных инженерных проектах для анализа территории и определения оптимального расположения объектов [5].

Создание 3D моделей с помощью аэрофотосъёмки является инновационным решением, которое позволяет получать данные быстро, эффективно и с высокой точностью, что делает его перспективным для будущего.

Список литературы

1. Карпович М., Герштейн Л.М., Паневин Н.В., Карпович А.М. Применение БПЛА при проведении топографо-геодезических изысканий // Транспортная стратегия – XXI век. – 2013. – № 22. – С. 66-68.
2. Лёвин Б.А., Бугаев А.С., Ивашов С.И., Разевиг В.В. Дистанционно-пилотируемые летательные аппараты и безопасность пути // Мир транспорта. – 2013. – Т. 11, № 2 (46). – С. 152-157.
3. Мордвинов В.А., Братусь Н.В., Кутузов М.В. Семантическое конструирование информационно-методического обеспечения образовательных технологий в инструментальной среде QR-кодирования // Славянский форум. – 2018. – № 4 (22). – С. 31-38.
4. Нгуен В.Н., Чан Ч.Т., Нгуен Т.Ч., Ву В.Т. Применение БПЛА с целью построения 3D-крупномасштабных карт // Славянский форум. – 2015. – № 4 (10). – С. 224-231.
5. Цветков В.Я. Геоинформационный геотехнический мониторинг // Науки о Земле. – 2012. – № 4. – С. 54-58.

Сведения об авторах:

Силина Анастасия Романовна – студент;

Федорова Ангелина Романовна – студент;

Дамрин Алексей Георгиевич – кандидат географических наук, доцент кафедры инженерной геологии.

РАЗРАБОТКА ИННОВАЦИОННОГО УСТРОЙСТВА И НОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТ НЕГЕРМЕТИЧНОСТИ ОБСАДНЫХ КОЛОНН В НЕФТЕГАЗОВЫХ СКВАЖИНАХ

Климов В.В., Терентьев В.В., Нетребко А.А., Третьяк К.А.

Кубанский государственный технологический университет, Краснодар

Ключевые слова: жидкость, негерметичность, недра, обсадная колонна, скважина, трубы.

Аннотация. В статье предложены технические решения и технология, позволяющиекратно снизить затраты времени и финансовые потери при обнаружении сквозных повреждений и мест негерметичности обсадных колонн в нефтегазовых скважинах. Другими достоинствами разработок являются:

– надежность выявления всех мест негерметичности за одну спуско-подъемную операцию без глушения скважин и отключения интервалов перфорации;

– высокая чувствительность к малым утечкам жидкости через повреждения обсадных труб (поскольку от скважинных расходомеров одновременно регистрируются два сигнала, являющихся реперными по отношению друг к другу, и влияние различных дестабилизирующих факторов в процессе проведения исследований сводится к минимуму).

DEVELOPMENT OF AN INNOVATIVE DEVICE AND A NEW TECHNOLOGY FOR DETERMINING THE LEAKAGES OF CASING STRINGS IN OIL AND GAS WELLS

Klimov V.V., Terentyev V.V., Netrebko A.A., Tretyak K.A.

Kuban State Technological University, Krasnodar

Keywords: liquid, leak, subsurface, casing, borehole, pipes.

Abstract. The article offers technical solutions and technology that allow to reduce time and financial losses by a multiple when detecting through damages and places of leakage of casing strings in oil and gas wells. Other advantages of the developments are:

– reliability of detecting all leakages in one descent and lifting operation without silencing wells and disabling perforation intervals;

– high sensitivity to small liquid leaks through casing damage (since two signals are simultaneously recorded from borehole flowmeters that are reference in relation to each other, and the influence of various destabilizing factors during the research is minimized).

В скважинах старого фонда имеют место сквозные коррозионные «проржавления» и иные повреждений труб обсадных колонн, приводящие к их негерметичности, потерям добываемого углеводородного сырья, загрязнению недр, источников водоснабжения, а также к проблемам экологического и социального характера. Поэтому в нефтегазовой отрасли ежегодно проводятся большие объемы дорогостоящих ремонтных работ в целях восстановления герметичности обсадных колонн и минимизации негативных последствий [1].

При этом место негерметичности определяют геофизическими методами или путем поинтервальной опрессовки с помощью пакеров раличных конструкций. Так, например, согласно руководящего документа РД 39-1-1190-84, после глушения скважин предусматривается проведение геофизических исследований (ГИС) методами термометрии, расходомертии, резистивиметрии, локации муфтовых соединений и др.) с закачками нескольких порций жидкости и регистрацией температурных и иных аномалий [1].

Указанные исследования требуют значительных затрат времени и средств (особенно при наличии нескольких мест негерметичности в обсадных колоннах). Поэтому нами предлагается инновационное устройство и новая технология определения мест негерметичности обсадных колонн, не противоречащие РД 39-1-1190-84 и не требующие сложного дополнительного оборудования [2-4].

На рисунке 1 схематично показано указанное устройство, представляющее собой двойной скважинный разделитель с эластичными манжетами 1, установленными с помощью распорных втулок 2, прокладок 3 и зажимных гаек 4 на наружной поверхности несущей трубы 5.

Внутри несущей трубы 5, имеющей каналы 6 для прохода прокачиваемой жидкости, с помощью гофрированных патрубков 7, амортизаторов 8, распорных втулок 9, упорного кольца 10 и зажимной гайки 11 установлены два идентичных скважинных прибора 12, присоединенных с помощью их подсоединительных головок 13 к стыкующему переводнику 14 и далее, через кабель связи 15, к кабельной головке устройства 16, установленной на верхней пробке 17, которая соединена с несущей трубой 5.

Чувствительные элементы 18 скважинных приборов 12 оmyваются потоком закачиваемой жидкости (на рис. 1 не показано), проходящей через каналы 6. На несущей трубе 5, в ее средней части, выполнен ряд отверстий 19 и установлена с возможностью поворота регулирующая втулка 20 с отверстиями 21. (Указанные отверстия выполнены равномерно по периметрам несущей трубы 5 и регулирующей втулки 20, совпадают между собой и имеют равные диаметры).

Для реализации предлагаемого способа обнаружения негерметичности обсадных колонн в качестве скважинных приборов 12 могут быть использованы серийные скважинные расходомеры РГД-2М, РГД-4, приборы газогидродинамического каротажа Дина-К8, КСА-Т12-38-120/60 и др.

Обнаружение мест негерметичности обсадных колонн производят по следующей технологии. Кабель 23 от геофизической станции перекидывается через подвесной ролик, пропускается через лубрикатор и соединяется с устройством с помощью присоединительной головки 16. Затем оно вводится в исследуемую обсадную колонну 24. Устье скважины герметизируют и устройство спускается до башмака обсадной колонны 24. После этого начинают продавку жидкости через место повреждения 25.

Допустим, что в качестве скважинных приборов 12 используются идентичные расходомеры и место повреждения 25 в обсадной колонне 24 находится выше местонахождения устройства. Тогда их чувствительные элементы – турбинки 18 находятся в застойной зоне и не вращаются, т.к. через каналы 6 и поперечное сечение несущей трубы 5 жидкость не протекает. При движении вверх в герметичном участке обсадной колонны, скважинная жидкость будет протекать через верхние каналы 6, несущую трубу 5 и нижние каналы 6, одинаково интенсивно омывая турбинки 18 верхнего и нижнего скважинных приборов 12.

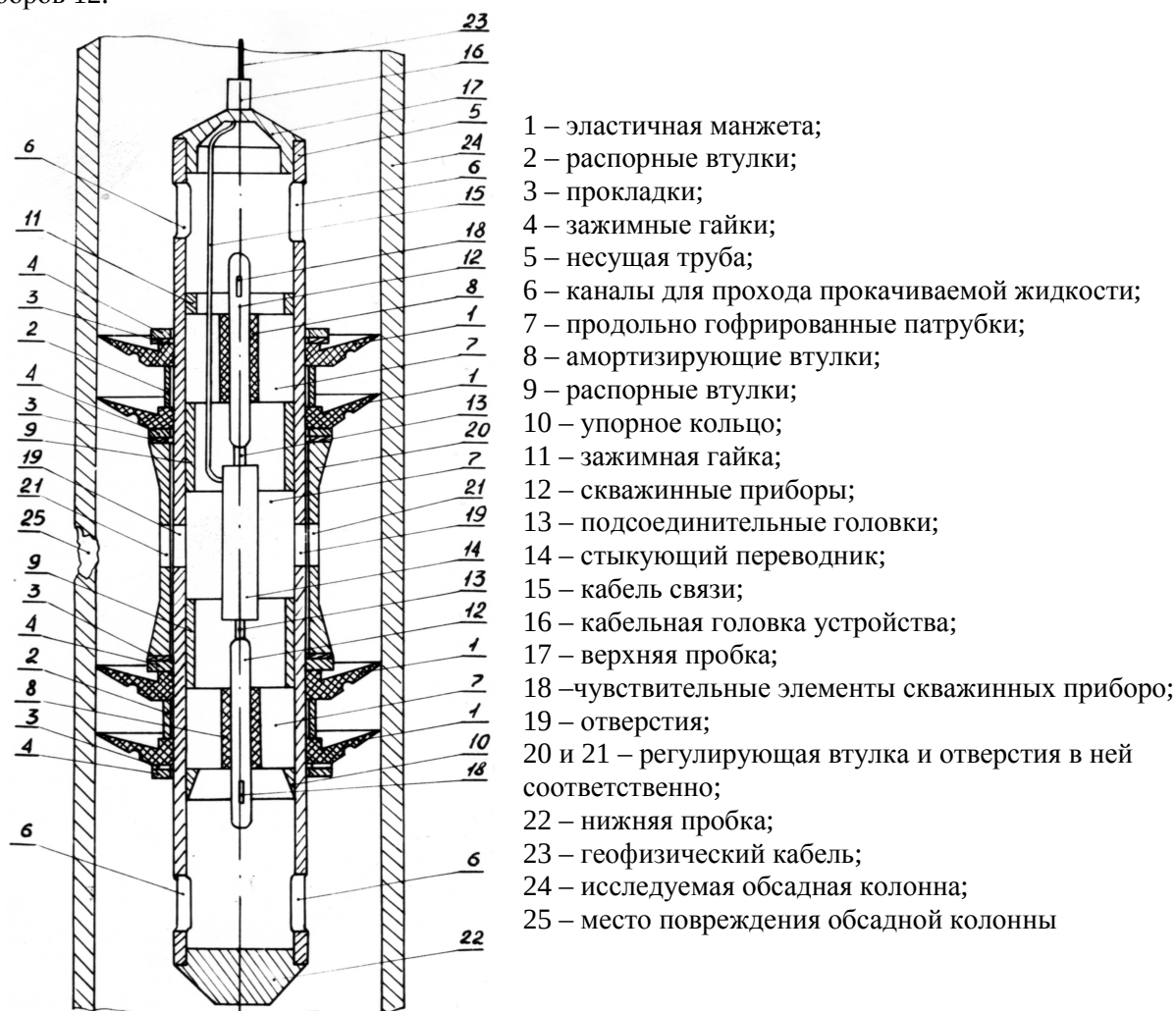


Рис. 1. Устройство для определения мест негерметичности обсадных колонн

Поэтому они начинают вращаться с одинаковой частотой, зависящей от скорости движения потока жидкости через поперечное сечение несущей трубы 5, которая будет в свою очередь зависеть от скорости подъема (или спуска) устройства, и на регистраторе геофизической станции будут записываться две параллельные линии, характеризующие частоту вращения турбинок 18 и переток скважинной жидкости через поперечное сечение несущей трубы 5 в функции глубины.

При входе устройства в зону негерметичности обсадной колонны 24, в момент времени, когда искомое место негерметичности 25 окажется в пространстве между верхними и нижними манжетами 1, характер протекания жидкости через поперечное сечение несущей трубы 5 резко изменится. Как видно из рисунка 1, прокачиваемая жидкость устремится через верхние каналы 6 внутрь несущей трубы 5, смывая с большой интенсивностью чувствительный элемент – турбинку 18 верхнего скважинного прибора 12, причем выход ее будет осуществляться через отверстия 19 в средней части несущей трубы 5,

отверстия 21 в средней части регулирующей втулки 20 и место негерметичности 25 обсадной колонны 24. Турбинка 18 нижнего скважинного прибора 12 при этом будет вращаться с прежней частотой, поскольку скорость движения устройства не изменяется. Таким образом, верхний и нижний скважинные приборы 12 и их чувствительные элементы 18 будут находиться в резко отличающихся условиях в течение всего времени, когда искомое место негерметичности 25 будет находиться между верхними и нижними манжетами 1.

Естественно при этом выходные сигналы скважинных приборов 12 будут резко отличаться друг от друга и на диаграмме регистратора геофизической станции произойдет скачок кривой расхода, регистрируемой верхним скважинным прибором 12, поскольку к прежнему его значению прибавится расход прокачиваемой жидкости через место негерметичности 25.

При дальнейшем движении устройства вверх вдоль оси обсадной колонны 24 место негерметичности 25 выйдет из пространства между верхними и нижними манжетами 1 и поток прокачиваемой жидкости устремится через нижние каналы 6, а не через отверстия 19 и 21. В этом случае чувствительные элементы 18 верхнего и нижнего скважинных приборов 12 снова окажутся в равных условиях (или почти равных), однако их выходные сигналы будут пропорциональны новому значению количества протекающей жидкости через поперечное сечение трубы 5, отличающемуся от первоначального на величину расхода жидкости, прокачиваемой через место негерметичности 25. Поэтому на диаграмме наземного регистратора будут наблюдаться резкие изменения амплитуд записи в месте негерметичности 25 обсадной колонны 24.

Предлагаемое инновационное устройство может применяться совместно с любым серийным геофизическим оборудованием, а новая технология определения мест негерметичности обсадных колонн позволяет обнаруживать все сквозные повреждения за одну спуско-подъемную операцию. Их широкое внедрение в нефтегазовой отрасли сулит резкое снижение трудозатрат, времени проведения и стоимости ремонтно-изоляционных работ по восстановлению герметичности обсадных колонн.

Список литературы

1. Жувагин И.В. Технология промыслово – геофизических исследований при капитальном ремонте скважин. – М.: – ВНИИОЭНГ. 1985. – 61 с.
2. Климов В.В. Научно-методические основы, аппаратура и технологии геофизического контроля технического состояния скважин на примере газовых месторождений и подземных хранилищ газа. – М.: ООО «ИРЦ Газпром», 2008. – 300 с.
3. Климов В.В. Диагностика технического состояния нефтяных и газовых скважин. – М.: ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2020. – 319 с.
4. Гейхман М.Г., Колесниченко В.П., Климов В.В. Новые технические средства, технологии и методология геолого-геофизического контроля технического состояния крепи газовых и газоконденсатных скважин, в том числе и скважин с аномально-высокими пластовыми давлениями и температурой. – М.: Просвещение-Юг, 2011. – 265 с.

Сведения об авторах:

Климов Вячеслав Васильевич – к.т.н., доцент, доцент кафедры НГД им. проф. Г.Т. Вартумяна;

Терентьев Виктор Владимирович – заместитель директора – главный геолог ПФ "Кубаньгазгеофизика" ООО "Газпронедр";

Нетребко Александр Аркадьевич – аспирант;

Третьяк Константин Александрович – ассистент.

ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРНЫХ И ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ СВОЙСТВ $Y_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}$, СИНТЕЗИРОВАННОГО С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМБИНАЦИИ ПЛАВНЕЙ H_3BO_3 И BaF_2

Марьина У.А.^{1,2}, Небытов П.А.¹, Федоренко Н.В.¹, Мурадов С.Ю.¹

¹Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь;

²ООО НПФ «ЛЮМ», Ставрополь

Ключевые слова: YAG, иттрий-алюминиевый гранат, люминофоры, светодиоды.

Аннотация. В работе представлены результаты исследования люминесцентных свойств $Y_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}$, синтезированного твердофазным способом с использованием двух плавней H_3BO_3 и BaF_2 . Проведен рентгенофазовый, спектральный и гранулометрический анализ образцов с различным содержанием плавней. Установлены концентрации BaF_2 , при которых наблюдается увеличение интенсивности люминесценции образцов.

STUDY OF THE STRUCTURAL AND LUMINESCENT PROPERTIES OF $Y_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}$ SYNTHESIZED USING A COMBINATION OF H_3BO_3 AND BaF_2 MELTS

Maryina U.A.^{1,2}, Nebytov P.A.¹, Fedorenko N.V.¹, Muradov S.Y.¹

¹North Caucasus Federal University, Stavropol;

²LLC NPF "LUM", Stavropol

Keywords: YAG, yttrium-aluminum garnet, phosphors, LEDs.

Abstract. The paper presents the results of a study of the luminescent properties of $Y_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}$ synthesized by a solid-phase method using two melts H_3BO_3 and BaF_2 . X-ray phase, spectral and granulometric analysis of samples with different content of fluxes was carried out. Concentrations of BaF_2 have been established, at which an increase in the luminescence intensity of the samples is observed.

Неорганические люминофоры на основе иттрий-алюминиевого граната $Y_3Al_5O_{12}$ (YAG), легированные трехвалентными ионами церия (Ce^{3+}), широко востребованы в производстве различных элементов электронной техники. Одна из важных сфер применения данных люминофоров – производство белых светодиодов. Белые светодиоды получают благодаря сочетанию излучения синего полупроводникового кристалла InGaN [1] с «желтым» люминофором $Y_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}$. Улучшить светотехнические характеристики белого светодиода можно путем повышения интенсивности излучения люминофора. Добавление различных плавней к YAG позволяет улучшить оптические свойства и стабильности люминесцентного материала.

В работе [2] авторы исследовали влияние фтористого бария на люминофор YAG. Из результатов следовало, что с добавлением BaF_2 спектр фотолюминесценции не изменяется, однако наблюдается увеличение интенсивности люминесценции. Оптимальная концентрация BaF_2 , при которой достигается максимальная эффективность люминесценции, составляет 0,1% от массы. В работе [3] авторы для синтеза соединений со структурой YAG использовали плавень NaF. В результате исследования обнаружено, что флюс снижает температуру синтеза на 300 °C и улучшает светоотдачу на 30%. Оптимальное количество NaF составило 6% от массы.

В нашей работе в качестве объектов исследования были выбраны люминесцентные соединения $Y_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}$, синтезированные с использованием борной кислоты H_3BO_3 и фторида бария BaF_2 . В проведенных ранее исследованиях было установлено, что $Y_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}$ имеет широкую полосу люминесценции в диапазоне 500-650 нм, с максимумом на длине волны 550 нм. Экспериментальные исследования показали, что введение в состав шихты люминофора плавня H_3BO_3 снижает температуру синтеза и повышает интенсивность люминесценции на 15-20%. Побочным эффектом был активный рост кристаллитов целевой фазы, что значительно увеличивало средний размер частиц полученных образцов. Поэтому в шихту люминофора добавили в различных концентрациях второй плавень BaF_2 и исследовали морфологию полученных порошков и их люминесцентные характеристики.

Синтезирована экспериментальная серия образцов $(Y_{0,955}Ce_{0,045})_3Al_5O_{12}$ с двумя плавнями: H_3BO_3 и BaF_2 . Для подготовки шихты люминофора использовали следующие реактивы: оксид иттрия Y_2O_3 (ОСЧ), оксид алюминия Al_2O_3 (ОСЧ), раствор нитрата церия $Ce(NO_3)_3$ в качестве активатора. Концентрация ионов активатора составила 4,5%. Плавень H_3BO_3 вводили в шихту люминофора в виде водного раствора в количестве 1% от массы. Плавень BaF_2 вводили в сухом виде, его концентрация изменялась от 0 до 5% от массы с шагом 1%. Все компоненты смешивали в виде пасты, сушили, затем размалывали, просеивали и помещали в алундовый тигель для прокалики. Твердофазный синтез люминофора $Y_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}$ осуществляли при температурах 900 °C 4 часа, затем 1500 °C 19 часов. После прокалики образцы извлекали из тиглей, размалывали в керамической ступке и просеивали.

Фазовый контроль осуществляли с помощью рентгеновского дифрактометра «Дифрей 401» (Cu-K α -излучение, Ni-фильтр).

По данным рентгенофазового анализа синтезированные порошки имеют фазу граната. Люминесценция зарегистрирована в полосе 500-650 нм, с максимумом на длине волны 550 нм для всех образцов. Введение плавней не изменило диапазон излучения, однако повысилась интенсивность люминесценции, что можно наблюдать на графике (рис.1). Интенсивность люминесценции возрастает в среднем на 5%. Наибольшая интенсивность люминесценции составила 76% от эталона для образца с содержанием BaF₂ 4%, H₃BO₃ 1%.

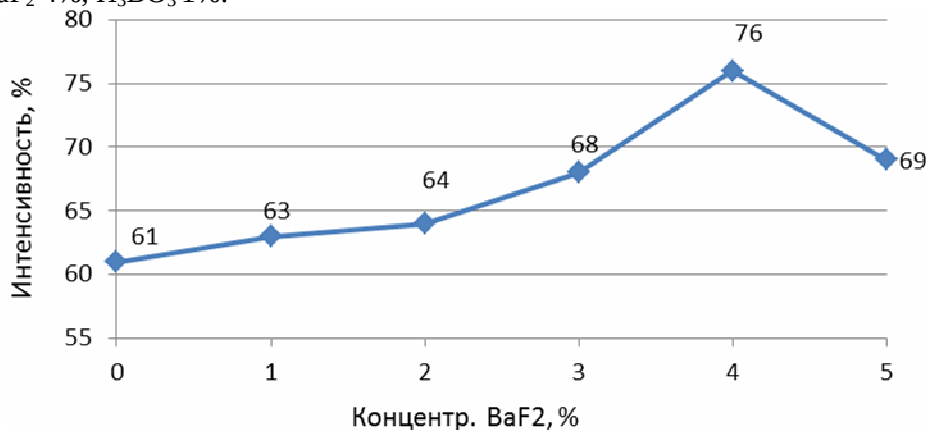


Рис. 1. Зависимость интенсивности люминесценции образцов от концентрации BaF₂

Гранулометрический анализ образцов показал, что средний размер частиц с введением BaF₂ снизился на 6,1 мкм (рис. 2).

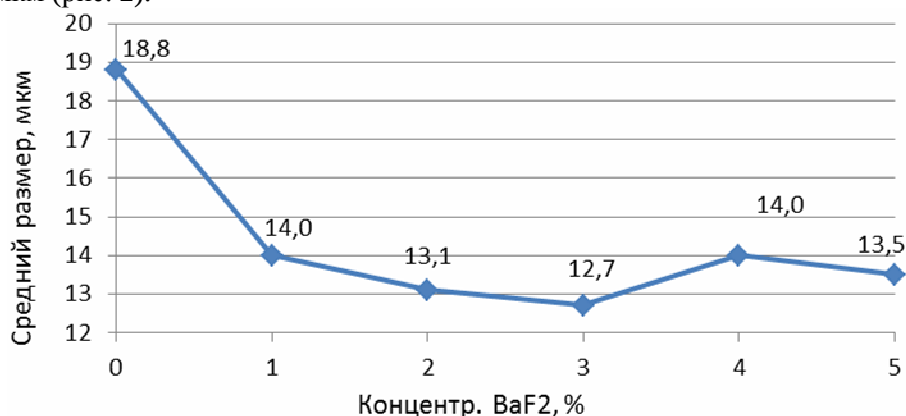


Рис. 2. Зависимость среднего размера частиц люминофора от концентрации BaF₂

В результате проведенных исследований установлено, что применение комбинации плавней H₃BO₃ и BaF₂ повышает интенсивность люминофора (Y_{0,955}Ce_{0,045})₃Al₅O₁₂ на 15% и снижает средний размер частиц на 6,1 мкм.

Список литературы

1. Туркин А. Обзор развития технологии полупроводниковых гетероструктур на основе нитрида галлия // Полупроводниковая светотехника. – 2011. – № 6 (14). – С. 6-9.
2. Stepanov S.A., Valiev D.T., Vaganov V.A. Emission properties of YAG:Ce ceramics with barium fluoride flux // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2021, vol. 1019.
3. Li X.-M., Kong L.-F., Li W.-L., Yang W.-J. Effect of NaF Flux on Structure and Luminescence of YAG:Ce Phosphor // Chinese Journal of Inorganic Chemistry. 2009, vol.25, no. 5, pp. 865-868.

Сведения об авторах:

Марьина Ульяна Андреевна – к.т.н., доцент;
 Небытов Павел Алексеевич – студент;
 Федоренко Никита Владимирович – студент;
 Мурадов Сергей Юрьевич – студент.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА КВАРЦЕВОГО ПЕСКА В ДОЛОМИТОВОМ ОТСЕВЕ ДЛЯ БЕТОНА В УСЛОВИЯХ СУХОГО ЖАРКОГО КЛИМАТА

Альобаиди Дия А.Н., Ларсен О.А., Самченко С.В.

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Москва

Ключевые слова: карбонатные породы, оптимизированный гранулометрический состав, мелкий заполнитель, отсева дробления, укрупнение песка, сухой жаркий климат.

Аннотация. Для получения долговечных бетонов, эксплуатируемых в условиях сухого жаркого климата (долговременное сочетание пониженной относительной влажности воздуха и высокой температуры окружающей среды) необходимо тщательно подойти к вопросу выбора сырьевых материалов. Особая роль отводится заполнителям бетона. С точки зрения экономической целесообразности необходимо наиболее полное применение местных материалов, что не всегда обеспечивает заданные свойства бетонной смеси и бетона. В данной статье приведены результаты исследовательской работы по улучшению гранулометрического состава природного песка путем его обогащения оптимальным количеством отсева дробления известнякового щебня. Проанализированы различные методы улучшения зернового состава смеси природного песка и отсева известнякового щебня, сделаны выводы о сходимости результатов. Определено влияние обогащенного песка на свойства мелкозернистой бетонной смеси и бетона. Установлено, что обогащение природного песка отсевом дробления известнякового щебня способствует повышению физико-механических характеристик мелкозернистого бетона.

STUDY OF THE OPTIMAL GRANULOMETRIC COMPOSITION OF QUARTZ SAND IN DOLOMITE SCREENINGS FOR CONCRETE IN A DRY HOT CLIMATE.

Alobidi Dheyaa A.N., Larsen O.A., Samchenko S.V.

National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow

Keywords: carbonate rocks, optimized granulometric composition, fine aggregate, crushing screenings, sand coarsening, dry hot climate.

Abstract. In order to obtain durable concretes operated in conditions of dry hot climate (long-term combination of low relative air humidity and high ambient temperature), it is necessary to approach carefully the question of choice of raw materials. Concrete aggregates have a special role to play. In terms of economic feasibility it is necessary to use local materials as much as possible, which does not always provide the specified properties of the concrete mixture and concrete. This article presents the results of research work to improve the grain size distribution of natural sand by enriching it with an optimal amount of crushing of limestone crushed stone. Analyzed various methods of improving the grain composition of a mixture of natural sand and crushed limestone screenings, conclusions about the convergence of the results. The influence of enriched sand on the properties of fine-grained concrete mixture and concrete is determined. It is established, that enrichment of natural sand with crushed limestone crushed stone contributes to increase of physical and mechanical characteristics of fine-grained concrete.

Введение

Сухой жаркий климат Республики Ирак оказывает значительное влияние на твердение цементных бетонов, работающих условиях высоких температур окружающей среды, пониженной относительной влажности, а также интенсивной солнечной радиации. По мере увеличения скорости ветра влияние вышеперечисленных факторов значительно возрастает. Во внутреннем и поверхностном слое цементные бетоны имеют дефекты в виде сети микротрещин, вызванных действием температурно-усадочных деформаций. Перепады температур и относительной влажности, а также сильный циклический нагрев открытых поверхностей отрицательно влияют на физико-механические свойства и долговечность бетонов. Поэтому повышение долговечности бетонов в сухом жарком климате является актуальной задачей. В связи с частым циклическим нагревом бетонов надземных конструкций, необходимо применять крупный заполнитель из карбонатных пород, а также заполнитель с коэффициентом температурного расширения, близким коэффициенту растворной части бетона и модулем упругости, не превышающим модуль упругости растворной части бетона более чем в два раза.

В качестве крупного заполнителя в тяжелых бетонах широко используется щебень из карбонатных пород, получаемый путем дробления их на карьерах нерудных ископаемых. В процессе дробления образуется значительное количество фракции крупностью до 5 мм, содержащей от 12 до 40% зерен размером менее 0,16 мм.

Объемы отсева карбонатных пород всех стадий дробления достигают 45-50% от исходного сырья. В бетонах могут быть непосредственно использованы отсева, образующиеся после 2-й или 3-й стадий дробления, так как отсева предварительного грохочения и I-й стадии дробления, как правило, сильно загрязнены глинистыми и другими вредными примесями.

Гранулометрический состав отсева зависит от прочности исходной породы и в общем случае соответствует гранулометрическому составу крупных песков ($M_x = 2,30...3,35$). Особенностью является

высокое содержание в отсевах мелкодисперсной фракции зерен, проходящих через сито с сеткой 016, которая составляет от 12 до 35 по массе.

В соответствии с требованиями ГОСТ в песках из отсева дробления, предназначенных для использования в качестве мелкого заполнителя в бетонах, содержание зерен, проходящих через сито с сеткой 016, ограничено 10%. Таким образом, подучаемый при дроблении отсев не удовлетворяет предъявляемым требованиям.

Для улучшения свойств природных песков и повышения их крупности применяются способ их смешения с дробленным песком. Отходы производства щебня из карбонатных пород в виде отсевов могут служить источником для получения дробленых песков и выступать укрупняющей добавкой для природных песков мелких фракций. Для рационального использования природных невозобновляемых источников наиболее целесообразно будет применение при разработке состава бетона, работающего в условиях сухого жаркого климата, карбонатных дробленых песков совместно с крупными заполнителями из карбонатных пород.

Отмечается, что при одинаковом расходе цемента и водоцементном отношении применение карбонатного дробленого песка способствует повышению прочности бетона по сравнению с составом, изготовленным на кварцевом песке. Бетоны на дробленном песке из карбонатных пород лучше работают на растяжение, чем бетоны на кварцевом песке. Морозостойкость бетонов, приготовленных на дробленном песке из прочных и плотных карбонатных пород также выше, чем у бетонов на кварцевом песке, в особенности при более высоких значениях водоцементного отношения.

Применение дробленого песка из карбонатных пород может ухудшать технологические свойства бетонов, повышая водопотребность смеси в свою очередь для получения требуемой подвижности необходимо будет увеличивать расход цемента. Пески, полученные из отсевов дробления, зачастую могут иметь плоскую или игловатую форму. В связи с этим такие пески необходимо использовать в смеси с мелким природным песком. В соответствии с ГОСТ 31424-2010 «Материалы строительные нерудные из отсевов дробления плотных горных пород при производстве щебня. Технические условия» в песках из отсевов дробления содержание зерен плоской или игловатой формы для первого, второго и третьего класса составляет не более 15%, 25% и 35% соответственно.

В современном представлении бетон рассматривается как композиционный материал, который состоит из цементного камня, зерен заполнителя и контактной зоны.

Производство монолитных железобетонных конструкций в районах сухого жаркого климата сопряжено с рядом технологических трудностей. Низкая относительная влажность воздуха (менее 60%), высокая среднесуточная температура (более 25⁰С), повышенное количество тепла от солнечной радиации (до 170 ккал/см²), наличие суховея – далеко не полный перечень природных условий, влияющих на производство и последующие свойства цементного бетона. Приготовление бетонной смеси осуществляется с применением разогретых сырьевых материалов. Высокая температура осложняет охлаждение цемента на цементных заводах, что может вызывать «ложное схватывание» смеси [1]. Применение разогретых, сухих заполнителей вызывает интенсивное перераспределение влаги и, как следствие, быструю потерю подвижности бетонной смеси. Отмечено увеличение водопотребности бетонной смеси повышенной температуры, что ведет к перерасходу цемента для обеспечения заданной прочности [2]. Воздействие солнечной радиации на открытую поверхность порождает обезвоживание бетона, что приводит к ряду деструктивных явлений. Быстрая потеря влаги обуславливает критические объемные деформации бетона, приводящие к трещинообразованию. Уменьшение при твердении объема бетона, сопровождается образованием в нем значительного количества пор и увеличением внутренних напряжений, снижающих несущую способность конструкции [3].

Трещинообразование бетона относится к основным дефектам монолитных железобетонных конструкций, возводимых в условиях сухого жаркого климата. С позиции уменьшения напряжений твердеющего бетона необходимо применение заполнителей с наименьшим модулем упругости, но обладающих достаточной прочностью. Кроме того, для бетонов сухого жаркого климата дополнительной причиной трещинообразования может быть не только повышенная усадка, но и деформации, вызванные неравномерностью температур по объему твердеющей конструкции, а также расширение компонентов бетона с различными теплотехническими характеристиками. В этой связи особое внимание следует уделять коэффициенту температурного расширения сырьевых компонентов бетона, в частности заполнителей.

С учетом выше изложенного, наиболее рациональным является применение карбонатных пород. Установлено, что температурные деформации бетонов на карбонатных заполнителях существенно ниже, чем у бетонов на изверженных породах [4], а модуль упругости в 1,5-2 раза ниже пород вулканического происхождения. К тому же, карбонатные породы обладают высокой величиной когезии с цементным камнем [1].

Бетоны, твердеющие в условиях сухого жаркого климата, имеют увеличенные деформации ползучести, от которых зависят эксплуатационные свойства конструкций. Деформации ползучести возрастают при увеличении суточных и сезонных колебаний температуры и могут быть в 1,5 раза больше, чем у бетона нормальных условий твердения [5].

Сырьевая база нерудных материалов Среднеазиатских и Ближневосточных республик (где преобладает сухой жаркий климат) характеризуется наличием песчаных карьеров с мелкими и очень мелкими песками, в тоже время наблюдается большое количество месторождений карбонатных пород.

В этой связи видится актуальным оптимизация природного песка путем корректировки его зернового состава отсевом дробления известнякового щебня. Данная операция позволит увеличить плотность упаковки зерен мелкого заполнителя, создать жесткий каркас для сдерживания температурно-усадочных деформаций твердеющего бетона, а также уменьшить ползучесть (т.е. необратимые пластические деформации при длительном действии нагрузки [6]).

Материалы и методы исследования

В работе использовались следующие материалы:

– портландцемент ЦЕМ I 42,5Н производства АО «Себряковцемент», соответствующий ГОСТ 31108-2020. С нормальной густотой 27,75%, сроками схватывания: началом схватывания – 265 мин, концом схватывания – 370 мин;

– карьерный песок производства АО «Богаевский карьер», с истинной плотностью 2,65 г/см³ и гранулометрическим составом, приведенным в таблице 1;

– отсев дробления известнякового щебня фр. 5-20 мм производства ООО «Каменский горный карьер». Средняя плотность зерен отсева – 2,53 г/см³, истинная плотность – 2,73 г/см³. Гранулометрический состав отсева приведен в таблице 2, химический в таблице 3.

Табл. 1. Гранулометрический состав кварцевого песка

Размеры ячейки сит, мм	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	менее 0,16
Частные остатки, %	0	1,3	3,5	15,1	55,8	23,4	0,9
Полные остатки на ситах, %	0	1,3	4,8	19,9	75,7	99,1	100

Табл. 2. Гранулометрический состав отсева дробления известнякового щебня

Сито №	Масса навески, г	Частные остатки, %	Полные остатки, %
5	148,7	14,7	14,7
2,5	248,42	24,5	39,2
1,25	176,6	17,4	56,7
0,63	117,5	11,6	68,3
0,315	72,1	7,1	75,4
0,16	67	6,6	82,0
<0,16	182,4	18,0	100,0

Табл. 3. Химический состав отсева дробления известнякового щебня

Оксиды	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	CO ₂
Содержание, %	54,0	0,39	0,14	0,07	1,4	44,0	

Далее проводилась корректировка гранулометрического состава отсева для его дальнейшего применения в бетоне.

Табл. 4. Гранулометрический состав отсева дробления доломитового щебня

Размеры ячейки сит, мм	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	менее 0,16
Частные остатки, %	0	0	40,1	24,8	16,2	9,9	7,5	1,5
Полные остатки на ситах, %	0	0	40,1	64,9	81,1	91	98,5	100

Водопоглощение доломитового заполнителя в % после выдерживания в воде в течение 48 ч определяли по формуле:

$$W_{\text{полг}} = \frac{m_1 - m}{m} \cdot 100,$$

где m – масса образца или пробы в сухом состоянии, г; m_1 – масса образца или пробы в насыщенном водой состоянии.

Водопоглощение составило 7,3%.

Определение количества отсева дробления производилось по следующим методикам.

1. По изменению пустотности составного песка [7]. Расчет пустотности осуществлялся по формуле:

$$V_{\text{мп}} = \left[1 - \left(\frac{\rho_n}{\rho_m} \right) \right] \cdot 100\%,$$

где $V_{\text{мп}}$ – пустотность смеси, %; ρ_n – насыпная плотность смеси, г/см³; ρ_m – истинная плотность песка или составной смеси с учетом пропорциональности содержания компонентов, г/см³.

2. По изменению удельной поверхности и определению модуля эффективности песка [8].

Расчет удельной поверхности производился по формуле:

$$S = \frac{B \cdot K \cdot (a + 2 \cdot b + 4 \cdot c + 8 \cdot d + 16 \cdot e + 36 \cdot f)}{1000},$$

где S – удельная поверхность, м²/кг; B – коэффициент равный 6,35; K – коэффициент равный 2,1; a, b, c, d, e – частные остатки на стандартных ситах 2,5–0,16; f – проход через сито 0,16.

Модуль эффективности по формуле:

$$M_{\text{эфф}} = \frac{V_{\text{мп}}}{\rho_n} + 0.013 \cdot S,$$

где $V_{\text{мп}}$ – пустотность смеси, в долях; ρ_n – насыпная плотность смеси, кг/л; S – удельная поверхность, м²/кг.

3. Методика [8] предполагает расчет модуля крупности ($M_{\text{кр}}$) составного песка, а также графическое отображение гранулометрических кривых составных песков.

4. Требуемое количество песка из отсеков дробления в смеси назначают по наибольшему абсолютному значению n_1 и n_2 [9]. При этом максимальное количество отсева дробления в смеси с природным песком не должно превышать 70% для мелкозернистого бетона, а модуль крупности смешанного песка должен быть до 3,25.

n_1 и n_2 вычисляли по формулам:

$$n_1 = \frac{P_{1.25} - P_{1.25}''}{P_{1.25}' - P_{1.25}''},$$

$$n_2 = \frac{P_{0.63} - P_{0.63}''}{P_{0.63}' - P_{0.63}''},$$

где $P_{1.25}, P_{0.63}$ – полный остаток, %, смеси песка из отсеков дробления и природного на ситах с отверстиями 1,25 и 0,63 мм соответственно; $P_{1.25}', P_{1.25}''$ – полный остаток, %, соответственно песка из отсеков дробления и песка природного на сите с отверстиями 1,25 мм; $P_{0.63}', P_{0.63}''$ – то же, на сите с отверстиями 0,63 мм.

Результаты исследования

1. Результаты изменения пустотности песка с добавлением отсева дробления приведены в таблице 4.

Табл. 4. Пустотность обогащенного песка

Показатель	Песок	Отсев	Количество вводимого отсева (% по массе)				
			10	20	30	40	50
$V_{\text{мп}}$ (%)	42,64	44,25	40,93	40,56	40,3	40,25	40,03

2. Результаты расчета модуля эффективности приведены в таблице 5.

Табл. 5. Модуль эффективности обогащенного песка

Показатель	Песок	Отсев	Количество вводимого отсева (% по массе)				
			10	20	30	40	50
S (м ² /кг)	9,97	9,97	9,72	9,51	8,90	7,67	7,64
$M_{\text{эфф}}$	28,18	29,2	26,2	25,72	25,36	25,22	24,91

3. Изменение модуля крупности и гранулометрические кривые песков приведены в таблице 6 и на рисунке 1.

Табл. 6. Модуль крупности обогащенного песка

Показатель	Песок	Отсев	Количество вводимого отсева (% по массе)							
			10	20	30	40	50	60	70	80
$M_{кр}$	2,0	3,8	2,2	2,4	2,5	2,7	2,9	3,1	3,2	3,4

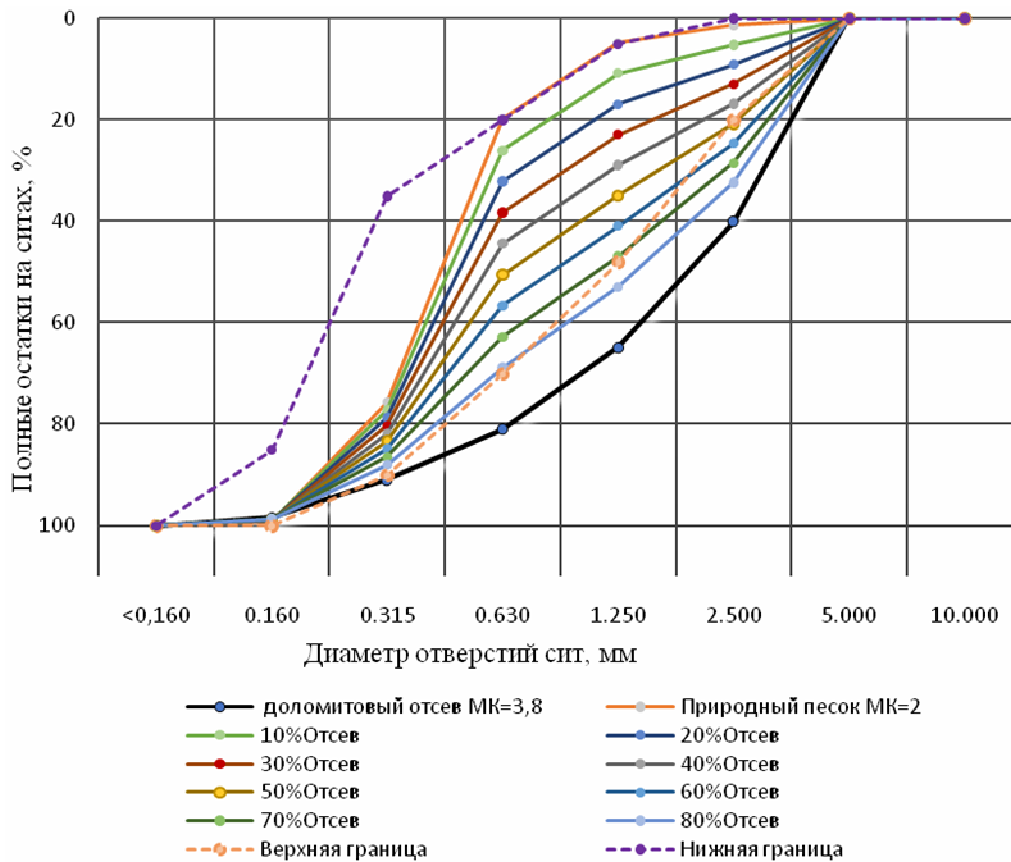


Рис. 1. Гранулометрические кривые песков

Как видно из рисунка 1 при введении 50-60% отсева дробления в природный песок гранулометрическая кривая располагается посередине распределения, что свидетельствует об оптимальности зернового состава.

4. Результаты определения значений n_1 и n_2 отображены в таблице 7.

Табл. 7. Значения n_1 и n_2

Показатель	Количество вводимого отсева (% по массе)				
	10	20	30	40	50
n_1	0,11	0,17	0,27	0,42	0,49
n_2	0,09	0,16	0,26	0,43	0,49

Для сопоставления методик были определены основные свойства мелкозернистой бетонной смеси (состава Ц:П:В = 1:2:0,45) и бетона приготовленного на обогащенном песке, результаты указаны в таблице 8.

Табл. 8. Основные свойства мелкозернистого бетона на основе составного песка

Показатель	Контр.	Количество вводимого отсева (% по массе)					
	0	10	20	30	40	50	60*
Диаметр расплыва (см)	22	22,1	22,9	23,3	23,6	21,6	21,5
Плотность смеси (кг/м ³)	2227	2234	2244	2250	2265	2268	2232
Прочность на сжатие (7 суток), МПа	33,3	39,5	41,7	42,6	43,9	45,7	43
Прочность при изгибе (7 суток), МПа	8,5	8,6	9,1	10,1	10,3	10,6	10,9
Прочность на сжатие (28 суток), МПа	43,7	48,6	49,8	50,9	52,2	53,9	52,4
Прочность при изгибе (28 суток), МПа	9,1	9,2	10,1	11,0	11,2	11,3	12,0
Примечание: * – наблюдалось значительное уменьшение связности бетонной смеси							

Выводы

На основании проведённых исследований можно сделать следующие выводы:

- для определения оптимального количества отсева дробления известнякового щебня, вводимого в природный песок, производился подбор с помощью различных методик. Результаты методик коррелируются между собой: оптимальное количество отсева дробления известняка для введения в природный песок – 50% по массе;
- ведение отсева дробления известнякового щебня в природный песок существенно изменяет свойства составного песка: происходит уменьшение пустотности, увеличение удельной поверхности и модуля крупности;
- при введении оптимального количества отсева дробления (50% по массе) происходит увеличение плотности мелкозернистой бетонной смеси. При дальнейшем увеличении отсева (сверх 50%) уменьшается распыл, теряется связность бетонной смеси;
- бетон, приготовленный на обогащенном песке характеризуется повышенными физико-механическими характеристиками в возрасте 28 суток: прочность на сжатие – 53,9 МПа (увеличение прочности на 19,9%), при изгибе 11,3 МПа (увеличение прочности на 19,9%);
- уменьшение пустотности обогащенного песка, а также увеличение прочности приготовленного на его основе мелкозернистого бетона будет способствовать сдерживанию температурно-усадочных деформаций твердеющего бетона, что особенно актуально для условий сухого жаркого климата.

Список литературы

1. Пунагин В.К. Бетон и бетонные работы в условиях сухого и жаркого климата / М-во сельск. хоз-ва СССР. Ташк. ин-т инженеров ирригации и механизации сельск. хоз-ва. – Ташкент: Фан, 1974. – 244 с.
2. Руководство по производству бетонных работ в условиях сухого жаркого климата. – М.: Стройиздат. 1977. – 81 с.
3. Аблаева У.Ш. Технологические методы улучшения долговечности бетонов в условиях сухого жаркого климата Узбекистана // Вестник науки и образования. – 2020. – №21-3 (99). – С. 34-38.
4. Маилян Р.Л. Бетон на карбонатных заполнителях. – Ростов н/Д: Изд-во Рост. ун-та, 1967. – 272 с.
5. Шамситдинович Р.Б., Мавлонов Р.А. Деформативные характеристики тяжелого бетона в условиях сухого жаркого климата // Вестник Науки и Творчества. – 2017. – №3(15). – С. 114-118.
6. Ицкович С.М., Чумаков Л.Д., Баженов Ю.М. Технология заполнителей бетона. – М.: Высшая школа, 1991. – 271 с.
7. Баженов Ю.М. Способы определения состава бетона различных видов. – М.: Стройиздат, 1975. – 272 с.
8. Методические указания к практическому занятию по дисциплине «Научные основы технологии производства цементных бетонов и изделий из них» для студентов направления подготовки 08.04.01 «Строительство», профиль «Инновационные технологии высокопрочных и высокофункциональных бетонов». Влияние дисперсности на механические свойства бетона. Казанский государственный архитектурно-строительный университет / Сост.: Н.Н. Морозова, Г.В. Кузнецова. – Казань: Изд-во Казанск. гос. архитектур.-строит. ун-та, 2018. – 12 с.
9. Методические рекомендации по применению и обогащению отсевов дробления и разнопрочных каменных материалов для дорожного строительства / Гос. всесоюз. дор. НИИ; Разраб. Ф.В. Панфилов и др. – М.: Союздорнии, 1987. – 76 с.

Сведения об авторах:

Альобаиди Дия Абдулкадим Насер – аспирант;
 Ларсен Оксана Александровна – к.т.н., доцент;
 Самченко Светлана Васильевна – д.т.н., профессор.

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УСТАНОВОК БЕСПЫЛЕВОЙ ВЫДАЧИ КОКСА

*Замараев Я.Ю., Стефаненко В.Т.**АО «ВУХИН», Екатеринбург*

Ключевые слова: коксохимическое предприятие, установка беспылевой выдачи кокса (УБВК), оптимальный объем аспирации, степень очистки, степень локализации, пылеулавливающий зонт, экологическая эффективность, экономическая эффективность.

Аннотация. Кратко рассмотрены физические процессы, протекающие при выдаче кокса из печных камер. Выделены основные проблемы эксплуатации установок беспылевой выдачи кокса и даны рекомендации для их устранения. Сформулированы требования к конструкции УБВК, основанные на анализе опыта их работы и обеспечивающие экологическую и экономическую эффективность.

FEASIBILITY STUDY OF DUST-FREE COKE DISPENSING UNITS

*Zamaraev Ya.Yu., Stefanenko V.T.**JSC «VUKHIN», Ekaterinburg*

Keywords: coke plant, plant for dust-free discharging of coke, optimal suction volume, degree of purification, degree of localization, dust collecting device, environmental efficiency, economic efficiency.

Abstract. The physical processes occurring during the issuance of coke from the furnace chambers are briefly considered. The main problems of operation of plant for dust-free discharging of coke are identified and recommendations for their elimination are given. The requirements for the design of plant for dust-free discharging of coke are formulated, based on the analysis of the experience of their work and ensuring environmental and economic efficiency.

Известно, что при разгрузке коксовых печей над раскаленным коксом в вагоне возникает конвективный тепловой поток, который захватывает пылевые частицы. Скорости движения этого потока весьма велики и над приемным вагоном возникает неорганизованный выброс в виде облака пыли. Это облако образуется из атмосферного воздуха, который подсасывается в зону разрушения коксового пирога за счет конвективного потока.

Для того, чтобы снизить величину выбросов в атмосферу при выдаче кокса разрабатываются локальные и стационарные установки беспылевой выдачи (УБВК). Стоит отметить, что в настоящее время большинство из них не отличается оптимальными показателями экологической и экономической эффективности. Наиболее часто используются стационарные системы с огромными объемами аспирации и затратами энергии [1].

При рассмотрении экологической эффективности УБВК следует различать два понятия: степень локализации, под которой понимается степень захвата выбросов локализирующим устройством (пылеулавливающим зонтом), и степень очистки удаляемых из зоны выдачи газов от пыли, которая в настоящее время может быть обеспечена практически на любом заданном уровне. Основную проблему представляет достижение высокой степени локализации. Она может быть получена за счет предотвращения доступа воздуха в зону выдачи и специальной конструкции зонта. Применение этих решений обеспечивает снижение объемов аспирации, что позволяет использовать простые, компактные и дешевые аппараты очистки. Однако достижение высокой степени локализации ограничивается конструктивными особенностями зонтов УБВК и тушильных вагонов.

Показатель экологической эффективности одной из современных УБВК при выдаче в движущийся вагон и значительном объеме отсоса (274 тыс. м³/ч) оценивается на уровне лишь 85-90% без учета выбросов при открытии печи и от корзины коксонаправляющей [2]. Другими словами, 10-15% запыленных выбросов попадают в атмосферу и создают хорошо видимое со стороны пылевое облако, что не позволяет положительно оценить экологическую эффективность данной УБВК. При этом затраты энергии на отсос и очистку недопустимо велики.

Увеличение объема отсоса без мероприятий по локализации выбросов приводит к высоким скоростям воздушных потоков под зонтом, значительному повышению концентрации пыли в аспирируемом воздухе и росту размеров уносимых частиц. В связи с этим повышаются требования к эффективности пылеуловителей. Кроме того, снижается их надежность, поскольку резко возрастает абразивный износ.

Для решения этих проблем можно использовать такое понятие, как оптимальный объем аспирации. На рисунке 1 [3] представлены результаты исследований, проведенных на действующей аспирационной системе перегрузочного узла кокса сухого тушения производительностью 100 т/ч.

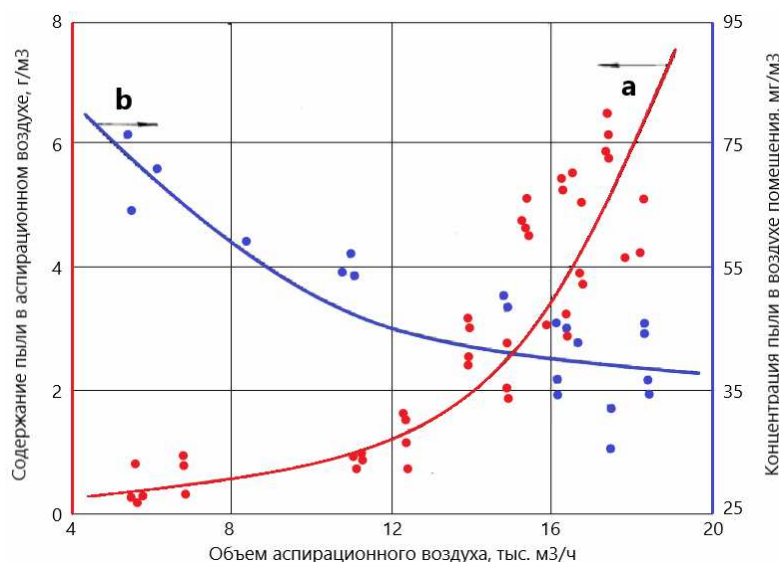


Рис. 1. Оптимальный объем аспирации

Из полученных результатов видно, что увеличение объема отсоса выше 14-16 тыс. м³/час приводит к резкому увеличению содержания пыли в аспирационных газах (кривая «а»), хотя при этом показатели запыленности воздуха помещения практически не изменяются (кривая «б»). Следовательно, оптимальный объем аспирации будет находиться в области, где пересекаются две кривые.

Таким образом, увеличивать объемы отсоса не имеет смысла. Оптимизация объема аспирации может обеспечить снижение мощности тягодутьевых устройств в 2-3 раза, что благоприятно скажется на экономических показателях УБВК.

Конструкция пылеулавливающего зонта должна с одной стороны максимально использовать эффект естественной тепловой тяги конвективного потока, а с другой – препятствовать его неограниченному развитию.

Исходя из всего вышеизложенного сформулируем следующие требования к конструкции УБВК:

- применение специальных мероприятий по локализации зоны выдачи (уменьшение зазора между зонтом и вагоном);
- формирование конвективного потока за счет конструкции зонта;
- применение щелевого зонта;
- оптимизация объема аспирации.

Указанные требования были учтены при проведении промышленного эксперимента на батарее №10 НТМК, где объем аспирации на УБВК составил лишь 36 тыс. м³/час [2], в то время как обычно он превышает 100, 200 тыс. м³/час и даже более.

Таким образом, в результате исследований физических процессов и анализа опыта работы промышленных установок сделаны выводы о том, что, как и в системах аспирации, очистка газов является вторичным фактором. Главное внимание должно быть уделено организации газового потока с целью оптимизации расхода аспирации и соответствующим конструктивным решениям, направленным на локализацию выбросов пыли. Направление с увеличением объема отсасываемых газов следует признать бесперспективным, не отвечающим требованиям экономической эффективности.

Список литературы

1. Стефаненко В.Т., Зайденберг М.А. О беспылевой выдаче кокса // Кокс и химия. – 2000. – №11-12. – С. 33-35.
2. Стефаненко В. Т. Беспылевая выдача кокса. – Saarbrücken: LAP Lambert, 2016. – 82 с.
3. Стефаненко В.Т. Очистка от пыли газов и воздуха на коксохимических предприятиях. – Saarbrücken : LAP Lambert, 2015. – 129 с.

Сведения об авторах:

Замараев Ярослав Юрьевич – магистрант, инженер;

Стефаненко Валерий Тимофеевич – к.т.н., с.н.с., научный консультант.

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ТЕКУЩЕЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ФОРМИРОВАНИИ КУЛЬТУРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

Волохина А.Т., Глебова Е.В., Воробьев П.С.

РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, Москва

Ключевые слова: культура безопасности, формирование культуры безопасности, производственная безопасность, анализ развития культуры безопасности, охрана труда, промышленная безопасность.

Аннотация. Получая ежегодно неутешительную статистику травматизма и происшествий, компании начинают задумываться о необходимости создания собственной культуры безопасности на предприятии. Формируя у работников понимание необходимости соблюдения требований безопасности, позволит не только приблизиться к показателям нулевого травматизма, но и значительно повысить сплоченность рабочего коллектива.

ANALYTICAL REVIEW OF CURRENT ACTIVITIES TO CREATE A SAFETY CULTURE FOR OIL AND GAS ENTERPRISES

Volohina A.T., Glebova E.V., Vorobev P.S.

National University of Oil and Gas "Gubkin University", Moscow

Keywords: safety culture, safety culture formation, industrial safety, safety culture development analysis, labor protection, industrial safety.

Abstract. Receiving disappointing statistics of injuries and accidents every year, companies are beginning to think about the need to create their own safety culture at the enterprise. Forming an understanding among employees of the need to comply with safety requirements will not only bring us closer to zero injuries, but also significantly increase the cohesion of the work team.

Введение

Большое количество происшествий и случаев травматизма происходит по причине несоблюдения требований промышленной безопасности, охраны труда и окружающей среды работниками компаний или их руководством. Одним из примеров являются «Уроки, извлеченные из аварий» размещаемые на официальном сайте Ростехнадзора, в которых можно проследить тенденцию однотипности данных причин.

На сегодняшний день разработано значительное количество нормативных документов, регламентирующих безопасность проведения работ. Каждое требование должно, не только неукоснительно соблюдаться, но и сам работник обязан осознавать необходимость их соблюдения для обеспечения собственной безопасности и безопасности коллег. Именно в этом и основная суть культуры безопасности, помочь работнику достичь этого понимания.

О безопасности на производстве, как о сложной системе управления, начали задумываться относительно недавно, с начала 20 века [1]. Когда началось стремительное развитие индустриализации разных стран. А о культуре безопасности только в последние 30-40 лет.

Первое упоминание термина «культура безопасности» опубликовано Международным агентством по атомной энергии (МАГАТЭ) в отчете о расследовании аварии на Чернобыльской АЭС. Низкий уровень культуры безопасности отмечен, как одна из причин, содействующих возникновению аварии [2]. Начиная с 1991 года установлено определение термина «культура безопасности», изложенное в документе INSAG – 4 [3-4]. В представленном определении можно выделить три основных элемента культуры безопасности – обеспечение системы культуры безопасности со стороны организации, приверженность культуре безопасности со стороны работника, а также необходимость решения проблем и вопросов по приоритетности. Основываясь на этом, рассмотрим текущее распространение и развитие культуры безопасности в нефтегазовой отрасли.

Текущее развитие культуры безопасности

По данным, предоставленным на сайте Министерства труда и социальной защиты за 2020 год, сохраняется устойчивая тенденция к снижению уровня производственного травматизма. Численность пострадавших при несчастных случаях на производстве с 2019 года (23,3 тыс.чел.) по 2020 год (20,5 тыс.чел.) снизилось на 12%. Доля смертельных случаев (с учетом групповых) с 2019 (1,06 тыс.чел.) года по 2020 год (0,91 тыс.чел.) на 14%. Несмотря на тенденцию снижения производственного травматизма за последние пять лет, скорость такого отрицательного роста замедляется [5].

Из отчета Министерства труда становится понятно, что на снижение травматизма влияет совокупность факторов. Главными из которых являются повышение квалификационного труда, где необходимо высшее и среднее профессиональное образование [5].

Необходимость сокращения травмирования работников безусловно является одной из приоритетных задач нефтегазовых компаний, но методы, которые уже используются, явно не дадут

более стремительных показателей. Соответственно возникает необходимость все более качественнее взаимодействовать с работниками для их осознанного подхода к работе.

В многих крупных компаниях вводят дополнительные стимулирующие программы, направленные на формирование правильного и безопасного поведения работников.

Компания «ООО "Салым Петролеум Девелопмент" и ПАО «Газпром нефть» развивают свою деятельность по Культуре безопасности с 2015 года, путем внедрения комплекса программ, таких как «Карта безопасности» и «Герой безопасного труда» – которые направлены на развитие личных качеств работников. С 2017 по 2019 год разработали программу «4В» – 4 поведенческих аспекта, влияющих на безопасность [6].

Нельзя не отметить активное развитие системы культуры безопасности со стороны ПАО «Газпром», которые проводя множество исследований в данном направлении, а также публикуют свою оценку уровня Культуры безопасности на основании рекомендаций IOGP и МАГЭТ [7].

Заключение

Техническая эксплуатация опасных производственных объектов добычи нефти и газа РФ включает разнообразный комплекс мероприятий, реализация которых сопряжена с рядом опасностей, воздействующих на работников. Основным направлением политики любой компании в области охраны труда и промышленной безопасности является обеспечение приоритета сохранения жизни и здоровья работников в процессе их производственной деятельности.

Главным условием реализации этой задачи является снижение рисков возникновения несчастных случаев на производстве. Достигнуть этого можно лишь изучив проблему изнутри: проанализировав факторы, которые могут оказывать влияние на вероятность травмирования работников, а также разработав методику повышения культуры безопасности для компании с учетом специфики ее деятельности и текущего состояния культуры на предприятии.

На сегодняшний день среди российских компаний и институтов проводится ряд исследований культуры безопасности. Справедливо заметить, что результаты их деятельности показывают основные проблемы, с которыми сталкиваются компании при попытках сформировать собственную культуру безопасности. На основании чего необходимо более обширно подойти к решению данной проблемы, разработав комплексную методику оценки культуры безопасности, которая будет совмещать в себе качественную и количественную характеристику.

Список литературы

1. Федосов А.В., Загирева Г.Д., Харисова Э.И., Абдрахимова И.Р. История развития промышленной безопасности в России // Транспорт и хранение нефтепродуктов. – 2017. – №1. – С. 57-60.
2. Тихонов, М.Н. Человеческий фактор и культура безопасности на ядерных объектах // Вестник образования и развития науки Российской академии естественных наук. – 2014. – №2. – С. 10-18.
3. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии "Общие положения обеспечения безопасности атомных станций" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.cntr-nrs.gosnadzor.ru/about/AKTS/НП-001-15.pdf>.
4. МАГЭТ Серия изданий по безопасности. Культура безопасности. – № 75-INSAG-4 изд. – Вена: МАГЭТ, 1991. – 51 с.
5. Министерство труда и социальной защиты Российской Федерации «Результаты мониторинга условий и охраны труда в Российской Федерации в 2020 году» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://vcot.info/uploads/researches_file/619cbdc415951343985474.pdf.
6. Культура безопасности производства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://wecare.salympetroleum.ru>.
7. Пономаренко Д.В., Лесных В.В., Панова М.А. Оценка и развитие культуры производственной безопасности в ПАО "Газпром" // Газовая промышленность. – 2017. – №4 (762). – С. 78-80.

Сведения об авторах:

Волохина Алла Тагировна – д.т.н., профессор;

Глебова Елена Витальевна – д.т.н., профессор;

Воробьев Павел Сергеевич – аспирант.

ОЦЕНКА КОММУНИКАТИВНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ КАК МЕТОД СНИЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА НА ОБЪЕКТАХ ТЭК

Филипова Н.С.¹, Волохина А.Т.², Глебова Е.В.²

¹Общественная организация «Всероссийский электропрофсоюз», Москва;

²РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, Москва

Ключевые слова: коммуникативная совместимость, производственный травматизм, социометрическая матрица, психодиагностическая методика, вахтовые бригады.

Аннотация. В данной работе предложен метод обеспечения безопасности труда на основе оценки коммуникативной совместимости работников, позволяющий оптимально комплектовать смены используя процедуру социометрического исследования и психодиагностической методики Т. Лири. Одной из форм организации трудового процесса на объектах магистрального транспорта газа является вахтовый метод, который сопряжен с воздействием как негативных производственных, так и социальных факторов. В условиях вахтового метода организации труда отсутствие коммуникативной совместимости между работниками является фактором риска для всех видов работ [1]. Комплектование смен на основе внедрения оценки коммуникативной совместимости работников позволило улучшить социальный климат между работниками внутри смены, тем самым обеспечило безопасность персонала на производстве. Проведение социометрического исследования позволило перегруппировать людей в группе с целью снижения напряженности в коллективе, причиной которой является взаимная неприязнь некоторых членов группы [2]. С помощью методики оценки эмоционального состояния, созданной психологом Т. Лири, был выявлен преобладающий тип отношений к людям. Данная методика позволила выявить в исследуемой группе лидеров и подчиняемых [3]. В марте 2021 года, при помощи описанных методов производился расчёт индивидуальных и групповых индексов, а также были выявлены лидеры в трудовых коллективах ЛЭС, службы ЭВС и ГКС Комсомольского ЛПУ МГ ООО «Газпром трансгаз Югорск».

ASSESSMENT OF COMMUNICATIVE COMPATIBILITY AS A METHOD OF REDUCING OCCUPATIONAL INJURIES AT FUEL AND ENERGY FACILITIES

Filipova N.S.¹, Volohina A.T.², Glebova E.V.²

¹Public organization "All-Russian Electric trade union", Moscow;

²The Gubkin Russian State University of Oil and Gas, Moscow

Keywords: communicative compatibility, occupational injuries, sociometric matrix, psychodiagnostic methodology, shift teams.

Abstract. This paper proposes a method for ensuring labor safety based on the assessment of the communicative compatibility of workers, which allows optimally completing shifts using the procedure of sociometric research and T. Leary's psychodiagnostic methodology. One of the forms of organization of the labor process at the facilities of the main gas transmission is the rotational method, which is associated with the impact of both negative production and social factors. Under the conditions of the shift method of labor organization, the lack of communication compatibility between employees is a risk factor for all types of work [1]. The recruitment of shifts based on the introduction of an assessment of the communicative compatibility of workers made it possible to improve the social climate between workers within the shift, thereby ensuring the safety of personnel at work. Conducting a sociometric study made it possible to regroup people in a group in order to reduce tension in the team, the cause of which is the mutual hostility of some members of the group [2]. With the help of the methodology for assessing the emotional state, created by the psychologist T. Leary, the predominant type of attitude towards people was revealed. This technique made it possible to identify leaders and subordinates in the study group [3]. In March 2021, using the described methods, individual and group indices were calculated, and leaders were identified in the labor collectives of the LES, the EMU service and the GCS of the Komsomol LPU MG of Gazprom Transgaz Yugorsk LLC.

Для оценки межличностных отношений работников линейно-эксплуатационной службы было опрошено 48 сотрудников четырёх смен, включая руководящий состав службы.

Сотрудники службы ЛЭС работают посменно вахтовым методом труда, в том числе и в выходные. Работников 1-й и 2-й смен, отработавших две недели, 10-11 часов смена (утро/вечер), сменяют работники 3-й и 4-й смен соответственно.

На рисунке 1 представлен состав линейно-эксплуатационной службы. Нумерация сотрудников произведена в соответствии со списком предоставленным начальником ЛЭС. Необходимо отметить, что работникам каждой смены предоставлен определенный цвет. Это необходимо для того, чтобы по итогу оптимального комплектования было наглядно видно, как изменилось положение сотрудников в сменах.

Одной из часто применяемых методик при анализе отношений внутри коллектива, является **социометрия**. Само понятие было введено в психологическую науку знаменитым американским психологом Якобом Леви Морено (1892-1974) [4]. Проведение социометрического исследования позволяет перегруппировать людей в группе с целью снижения напряженности в коллективе, причиной которой является взаимная неприязнь некоторых членов группы.

Итак, 48 работников линейно-эксплуатационной службы ООО «Газпром трансгаз Югорск» заполнили специальную социометрическую карточку, включающую в себя вопрос и поля для ответов. Пример заполненной карточки работника под номером 10 (трубопроводчик линейный) представлен на рисунке 2.

1	Начальник ЛЭС
4	инженер ЭОГО
5	механик
6	диспетчер

4 смена (с 20:00 до 8:00)		3 смена (с 8:00 до 20:00)		2 смена (с 20:00 до 8:00)		1 смена (с 8:00 до 20:00)	
38	Инженер РЭП	27	Мастер	3	Инженер РЭП	2	Мастер
39	Монтажник технологических трубопроводов	28	Монтажник технологических трубопроводов	17	Монтажник технологических трубопроводов	7	Монтажник технологических трубопроводов
40	Дизелист	29	Монтажник технологических трубопроводов	18	Дизелист	8	Монтажник технологических трубопроводов
41	Трубопроводчик линейный	30	Дизелист	19	Трубопроводчик линейный	9	Дизелист
42	Трубопроводчик линейный	32	Трубопроводчик линейный	20	Трубопроводчик линейный	10	Трубопроводчик линейный
43	Трубопроводчик линейный	32	Трубопроводчик линейный	21	Трубопроводчик линейный	11	Трубопроводчик линейный
44	Трубопроводчик линейный	33	Трубопроводчик линейный	22	Трубопроводчик линейный	12	Трубопроводчик линейный
45	Электрогазосварщик	34	Электрогазосварщик	23	Электрогазосварщик	13	Электрогазосварщик
46	Электрогазосварщик	35	Электрогазосварщик	24	Электрогазосварщик	14	Электрогазосварщик
47	Электрогазосварщик	36	Электрогазосварщик	25	Электрогазосварщик	15	Электрогазосварщик
48	Электрогазосварщик	37	Электрогазосварщик	26	Электрогазосварщик	16	Электрогазосварщик

Рис. 1. Состав линейно-эксплуатационной службы

Социометрическая карточка

№ 10 профессия (должность) Трубопроводчик линейный

Если бы Ваша смена формировалась заново, с кем бы Вы хотели (не хотели) работать вместе?	Критерии выбора			
	+	-		
	7	11	15	9
			8	17

Рис. 2. Социометрическая карточка работника №10

На основании полученных результатов по итогу социометрического опроса работников линейно-эксплуатационной службы была составлена социометрическая матрица, в которую были занесены все данные о выборах в группе, состоящей из 4-х смен.

Данные социоматрицы позволяют выявить определенные статусные позиции членов группы: «Звезды», «Предпочитаемые», «Принятые», «Непринятые», «Отвергнутые». Для этого необходимо вычислить среднее число положительных выборов.

Среднее число выборов, полученных одним испытуемым (m), вычисляется по формуле 1:

$$m = \frac{R}{N}, \quad (1)$$

где R – общее количество сделанных выборов; N – число членов группы.

Табл. 1. Классификация испытуемых по итогу социометрического исследования.

Статусная группа	Количество полученных положительных выборов	Номера работников, относящихся к группе
«Звезды»	В два раза больше, чем среднее число полученных выборов одним испытуемым	1, 2, 17, 29, 33, 41, 46
«Предпочитаемые»	В полтора раза больше, чем среднее число полученных выборов одним испытуемым	3, 8, 11, 12, 18, 32, 37, 43, 44
«Принятые»	Равно среднему числу полученных выборов одним испытуемым	4, 9, 15, 16, 19, 20, 22, 31, 34, 40, 45
«Непринятые»	В полтора раза меньше, чем среднее число полученных выборов одним испытуемым	5, 7, 10, 13, 14, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 30, 38, 42, 48
«Отвергнутые»	Равно нулю или в два раза меньше, чем число полученных выборов одним испытуемым	6, 28, 35, 36, 39, 47

Для отражения предпочтения какого-либо члена группы со стороны остальных её участников был введен специальный показатель – индекс социометрического статуса S_i , определяющийся по формуле 2:

$$S_i = \frac{\sum(R_i^+ + R_i^-)}{N - 1}, \quad (2)$$

где R_i^+ – полученные i -м членом положительные выборы; R_i^- – полученные i -м членом отрицательные выборы; $\sum$ – знак алгебраического суммирования числа полученных выборов i -го члена; N – число членов группы.

Стоит отметить, что величина индекса социометрического статуса S_i находится в интервале «-1...+1». Когда все члены группы не оказывают предпочтение, то величина индекса социометрического статуса S_i соответствует минус единице. Когда все члены группы оказывают предпочтение, то величина индекса социометрического статуса S_i соответствует единице.

Результаты расчетов были представлены в виде диаграммы на рисунке 3.

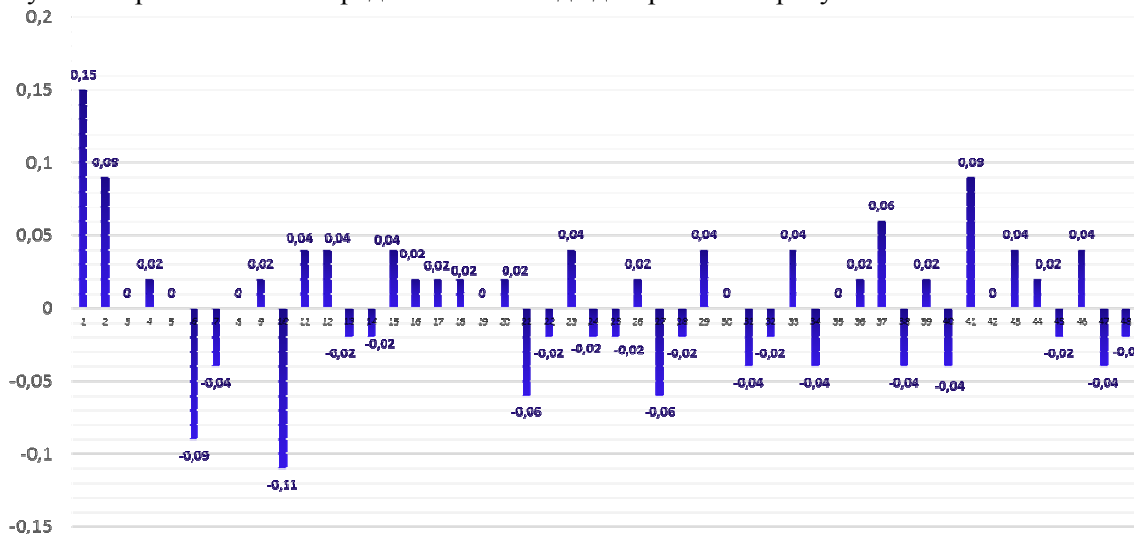


Рис. 3. Распределение индексов социометрического статуса S_i каждого работника службы ЛЭС

Также на основании данных социоматрицы был проведен расчет индекса групповой сплоченности, характеризующий степень развития социально-психологической структуры группы/

Индекс групповой сплоченности рассчитывается по формуле

$$C_{GP} = \frac{\sum(A^+)}{\frac{1}{2} \sum(A)}, \quad (3)$$

где $\sum(A^+)$ – сумма всех взаимных положительных выборов в группе; $\sum(A)$ – количество всех сделанных выборов в группе.

Проанализировав результаты классификации работников по итогам социометрического эксперимента, было выявлено, что 27 человек из рассматриваемых 4-х смен, а это большинство, относятся к первым трём статусным группам. Однако, 21 человек относится к группам «Непринятые» и «Отвергнутые», а это достаточно много для того, чтобы считать комплектование рассматриваемых смен бригады неоптимальным. Исходя из этого, имеет место сформировать оптимальный вариант комплектования смен вахтовой бригады.

В 1954 году американским психологом Т. Лири вместе с Г. Лефоржем и Р. Сазеком была создана методика, направленная на оценку межличностных отношений [5].

Для представления основных социальных ориентаций Т. Лири для удобства была разработана условная схема в виде круга (рис. 4), который разделён на секторы. В этом круге по горизонтальной и вертикальной осям обозначены 4 ориентации: доминирование-подчинение, дружелюбие-агрессивность, которые, в свою же очередь, разделяются на 8 (более частные отношения). Для того, чтобы описание было более детально, круг, используемый в психодиагностической методике Т. Лири, делят на шестнадцать секторов. Однако, чаще встречается использование октантов, которые ориентированы относительно двух осей (вертикальная и горизонтальная) определённым образом.

Сумма баллов по каждой из ориентации переводится в индекс, где доминируют вертикальная (доминирование-подчинение) и горизонтальная (дружелюбие-агрессивность) оси.



Рис. 4. Диаграмма диагностики межличностных отношений Т. Лири

Поведение исследуемых по методике Т. Лири различается по степени выраженности: адаптивное; экстремальное; до патологии.

Схематично степень выраженности поведения определяется как расстояние полученных по итогам опроса участников исследования показателей от центра круга.

Сам опросник Т. Лири состоит из 128 оценочных суждений, из которых в каждом из 8 типов отношений образуются 16 пунктов, упорядоченных по восходящей интенсивности. Максимальная оценка каждого типа отношений – 16 баллов, но она, в свою очередь, разделена на 4 степени выраженности отношения.

На рисунке 5 представлены психологические тенденции, соответствующие каждому из восьми октантов (секторов). На рисунке 6 представлен «ключ» к опроснику для их дальнейшей обработки [5].

Табл. 2. Степени выраженности поведения по опроснику Т. Лири [5]

Количество баллов	Оценка	Степень выраженности
0 - 4	низкая	адаптивное поведение
5 - 8	умеренная	
9 -12	высокая	экстремальное до патологии поведение
13 -16	экстремальная	

Октант	Психологическая тенденция
I	стремление к лидерству — властность — деспотизм
II	уверенность в себе — самоуверенность — самовлюбленность
III	требовательность — непримиримость — жестокость
IV	скептицизм — упрямство — негативизм
V	уступчивость — кротость — пассивная <u>подчиняемость</u>
VI	доверчивость — послушность — зависимость
VII	добросердечие — несамостоятельность — чрезмерный конформизм
VIII	отзывчивость — бескорыстие — жертвенность

Рис. 5. Диаграмма диагностики межличностных отношений Т. Лири

Номер октанта	Номер вопроса															
I	3	10	11	19	20	22	24	30	33	40	50	64	83	86	105	113
II	2	12	16	28	32	47	56	69	72	74	78	79	93	104	118	123
III	5	15	17	37	52	53	54	63	66	99	106	108	115	116	120	128
IV	4	6	34	35	38	51	57	59	60	62	88	89	90	114	119	122
V	18	27	41	44	45	48	61	65	77	96	100	101	112	117	125	127
VI	7	8	9	14	25	31	39	58	75	82	85	87	95	110	111	121
VII	1	36	43	55	68	71	73	76	81	84	94	97	102	107	109	124
VIII	13	21	23	26	29	42	46	49	67	70	80	91	92	98	103	126

Рис. 6. «Ключ» к опроснику Т. Лири

Математическая обработка результатов анкетирования проводится путём подсчёта показателей по двум основным векторам «Доминирование» и «Дружелюбие» с помощью специальных формул:

$$\text{Доминирование} = (I - V) + 0,7 \cdot (VIII + II - IV - VI), \quad (4)$$

$$\text{Дружелюбие} = (VII - III) + 0,7 \cdot (VIII - II - IV + VI). \quad (5)$$

С помощью данных формул система баллов по 16 межличностным типам преобразована в два числовых индекса, характеризующие индивида по обозначенным параметрам.

Работникам было предложено провести исследование межличностных отношений в вахтовых сменах по методике оценки межличностных отношений Т. Лири. Проведение исследования по данной методике позволило выявить в вахтовой бригаде лидеров и при комплектовании распределить их по разным сменам для того, чтобы избежать конкуренции между работниками. Также данное исследование оценивает психологическое состояние человека, которое во время вахтовой работы, может быть не в стабильном состоянии и повлиять на реакцию, работоспособность и напряженность работника во время технологического процесса, тем самым увеличить вероятность травмирования. Работникам службы была выдана специальная анкета, содержащая 128 оценочных суждений.

Проведенное исследование показало, что работников под номерами 15, 22, 27 и 34 баллы по октанту «Авторитарный» характеризует их доминантными, энергичными, компетентными, авторитетными лидерами, успешными в делах, любящими давать советы и требующими к себе уважения.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

Хуснутдинов А.Ф.

Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург

Ключевые слова: диагностика, мониторинг, техническое обслуживание, гидравлическая система, гидравлическая трансмиссия.

Аннотация. Широкое использование технологического оборудования с объемным гидравлическим приводом актуализирует проблему по обеспечению готовности гидравлических систем. Перспективные исследования связанные с методами оценки технического состояния гидравлической системы ведутся по автоматизации и интеллектуализации процессов диагностики и мониторинга. В результате применения данных систем наблюдается: повышение эффективности работы оборудования, предотвращение непредвиденных поломок и снижение времени простоя. Применение автоматизированных систем диагностики и их интеллектуализация в гидравлических системах является эффективным и перспективным направлением.

PROMISING METHODS FOR ASSESSING THE TECHNICAL CONDITION OF THE HYDRAULIC SYSTEM OF MINING EQUIPMENT

Khusnutdinov A.F.

Saint-Petersburg mining university, Saint-Petersburg

Keywords: diagnostics, monitoring, maintenance, hydraulic system, hydraulic transmission.

Abstract. The widespread use of technological equipment with a volumetric hydraulic drive actualizes the problem of ensuring the readiness of hydraulic systems. Promising research related to methods for assessing the technical condition of a hydraulic system is being carried out to automate and intellectualize the processes of diagnostics and monitoring. As a result of the use of these systems, it is observed: an increase in the efficiency of equipment, the prevention of unforeseen breakdowns and a decrease in downtime. The use of automated diagnostic systems and their intellectualization in hydraulic systems is an effective and promising direction.

На сегодняшний день наблюдается широкое использование технологического оборудования для производства строительных материалов с объемным гидравлическим приводом. Однако стоит отметить, что более 50% отказов гидрофицированных горных машин приходится на гидравлическую систему [1]. Из этого следует, что существующие методы по обеспечению готовности гидравлических систем, основанные на техническом обслуживании, диагностике и последующем ремонте гидравлических систем этих машин недостаточно технологичны, что делает эту проблему актуальной.

Мониторинг и диагностика играют важнейшую роль в реализации эксплуатационной надёжности и готовности гидравлической системы горнодобывающего оборудования. Проводимые на должном уровне в рамках теротехнологии, они позволяют прогнозировать возникновение дефектов, сопровождение деградационных процессов в системе, а также предупреждать аварийные ситуации и возникновение простоев оборудования гарантированным своевременным ремонтным обслуживанием, приобретением необходимых запасных частей.

Наиболее распространенные методы диагностики гидравлических систем являются:

- органолептический метод, включающий визуальный осмотр и контроль состояния компонентов системы;
- анализ заданных величин параметров функционирования системы, таких как давление, расход и температура рабочей жидкости;
- использование специализированных приборов и датчиков для контроля состояния гидравлических компонентов;
- применение методов неразрушающего контроля, например, акустического или вибрационного.

Мониторинг состояния гидравлической системы предполагает постоянный или периодический контроль ее параметров работы, состояние рабочей среды и компонентов. Это позволяет оперативно реагировать, в рамках проведения мероприятий технического обслуживания и ремонта, а также контролировать качество выполненных работ.

Последние исследования связанные с методами оценки технического состояния гидравлической системы ведутся по автоматизации и интеллектуализации процессов диагностики и мониторинга.

Применение автоматизированных систем диагностики может достаточно повысить эффективность оценки состояния гидравлических систем и их компонентов [2, 3]. Данные системы позволяют осуществить мониторинг параметров работы каждого элемента системы, что позволяет быстро определять возможные неисправности и предотвращать серьезные поломки.

Автоматизированные системы диагностики гидравлических систем могут проводить мониторинг параметров работы на основе данных о давлении, температуре, объеме и скорости потока жидкости, магнитной чувствительности и других параметрах. Эти данные контролируются датчиком и результаты

их показаний и обрабатываются компьютерами с применением специализированных программных продуктов, алгоритмов машинного обучения и анализа данных. Таким образом, применение данных систем позволяет точно определить требования к оборудованию в области технического обслуживания и ремонта, а также контролировать качество выполненных работ и обеспечение безопасности эксплуатации горнодобывающего оборудования.

Преимуществами автоматизированных систем диагностики являются:

1. Повышение эффективности работы оборудования и предотвращение непредвиденных поломок. Данные системы диагностики позволяют операторам контролировать параметры работы оборудования и мониторить его состояние, что позволяет быстро обнаружить неисправности и принимать меры по их устранению.

2. Снижение времени простоя оборудования. Благодаря определению неисправностей на ранних стадиях, операторы могут принимать меры по их устранению еще до того, как они полностью повлияют на работу оборудования.

3. Увеличение безопасности. Автоматизированные системы диагностики способствуют предотвращению спонтанных поломок и значительно снижают вероятность возникновения аварийных ситуаций.

4. Сохранение энергии и ресурсов. Благодаря определению неисправностей на ранних стадиях и своевременному их устранению, автоматизированные системы диагностики позволяют минимизировать потребление энергии и использование ресурсов.

Однако у автоматизированных систем диагностики имеются свои недостатки, к ним можно отнести:

1. Сложность настройки и калибровки. Для эффективной работы автоматизированных систем диагностики необходимо правильно настроить и калибровать датчики и программное обеспечение, что может быть достаточно сложным и требует специальных знаний.

2. Риск ложных срабатываний. При неправильной настройке или калибровке датчиков, а также при возникновении внешних воздействий на оборудование, автоматизированные системы диагностики могут давать ложные срабатывания и сигнализировать о несуществующих неисправностях.

3. Высокая стоимость. Разработка и внедрение автоматизированных систем диагностики может быть достаточно дорогостоящим процессом.

4. Ограниченность функционала. В некоторых случаях автоматизированные системы диагностики могут быть ограничены в функционале и не способны обнаружить все типы неисправностей в оборудовании.

Применение современных технологий и инноваций в области диагностики и мониторинга гидравлической системы позволит создать новые принципы управления эффективностью, производительностью, надежностью экскаватора [4]. Интеллектуализация процессов мониторинга и диагностики позволяет повысить уровень готовности оборудования и предотвратить возможные поломки.

Для интеллектуализации процессов мониторинга и диагностики гидравлических систем используются различные технологии. Одной из главных является использование датчиков и других устройств, позволяющих получать информацию о реальном состоянии оборудования. Помимо этого, используются алгоритмы машинного обучения и искусственные нейронные сети, которые позволяют анализировать полученную информацию и принимать решения об оптимизации процессов мониторинга и диагностики.

Таким образом, интеллектуализация процессов мониторинга и диагностики оборудования становится все более популярной и востребованной в промышленности. Она позволяет повысить эффективность и надежность работы оборудования, а также снизить затраты на его обслуживание.

В целом, использование таких инновационных методов оценки технического состояния гидравлической системы горнодобывающего оборудования, как автоматизация и интеллектуализация процессов диагностики и мониторинга, является эффективным и перспективным направлением для повышения эффективности работы и сокращения затрат на ремонт и техническое обслуживание оборудования. Есть потенциал для развития и совершенствования этих систем, а также для их применения в других областях промышленности.

Список литературы

1. Pugin K.G. Improving the reliability of hydraulic systems of technological machines // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020, vol. 971(5), p. 052042.
2. Wakiru J., Pintelon L., Muchiri P., Chemweno P. A data mining approach for lubricant-based fault diagnosis // Journal of Quality in Maintenance Engineering. 2020, vol. 27(2), pp. 264-291.

3. Клебанов А.Ф., Сиземов Д.Н., Кадочников М.В. О Комплексный подход к удаленному мониторингу технического состояния и режимов эксплуатации карьерного автосамосвала // Горная промышленность. – 2020. – №2. – С. 75-81.
4. Малафеев С.И., Малафеев С.С. Информационные и управляющие компоненты электрических карьерных экскаваторов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2021. – №4. – С. 33-45.

Сведения об авторе:

Хуснутдинов Айдар Фаилович – магистрант.

ПРИМЕНЕНИЕ АРСЕНАТИЗИРУЮЩЕГО ОБЖИГА ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ УПОРНЫХ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ КОНЦЕНТРАТОВ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХСЯ ДВОЙНОЙ УПОРНОСТЬЮ

Чижик И.Д., Васильев А.А.

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск

Ключевые слова: тонковкрапленное золото, сорбционная активность, флотационный концентрат, упорные руды, арсенатирующий обжиг, цианирование.

Аннотация. В России имеется большое количество месторождений, характеризующихся двойной упорностью: наличием тонковкрапленного золота и сорбционноактивных компонентов. Переработка таких руд требует применения современных специализированных технологических процессов. После 2022 г реализация данных технологий является весьма затруднительной в связи с введением против нашей страны экономических санкций. Для переработки руд, характеризующихся двойной упорностью, предложено применение процесса арсенатирующего обжига. Технологические исследования арсенатирующего обжига показали, что применение данного процесса позволило окислить сульфидную серу и органический углерод на 98,4% и 96,2% соответственно. Извлечение золота при последующем цианировании огарка повысилось с 48,2% до 94,6%, что позволит эффективно перерабатывать руду в промышленных условиях.

THE USE OF ARSENATIZING ROASTING TO TREAT GOLD CONCENTRATES CHARACTERIZED BY TWO TYPES OF REFRACTORINESS

Chizhik I.D., Vasiliev A.A.

Irkutsk national research technical university, Irkutsk

Keywords: finely disseminated gold, preg-robbing, flotation concentrate, refractory ores, arsenatizing roasting, cyanidation.

Abstract. There are a lot of gold deposits in Russia characterized by two types of refractoriness coming from the presence of finely disseminated gold and preg-robbing components. Processing of these ores requires the use of the up-to-date special-purpose processes. After 2022 the implementation of the processes has been getting difficult in view of the economic sanctions imposed on our country. In this situation it was proposed to apply a process of arsenatizing roasting for treatment of the gold ores characterized by double refractoriness. Process testworks to investigate efficiency of this technology resulted in 98.4% oxidation of sulphide sulphur and 96.2% oxidation of organic carbon. Gold recovery by the subsequent cyanidation of the roasted product increased from 48.2% to 94.6%, which will allow an efficient processing of the ore on a commercial scale.

Месторождения благоприятных и легкоцианируемых руд постепенно истощаются, и в переработку в последние годы вовлекается все больше упорных золотосодержащих руд. По классификации Лодейщикова В.В. [1] все упорные руды делятся на три типа:

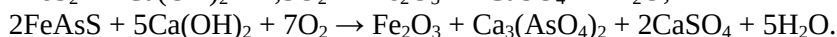
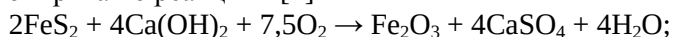
- тип Б: руды с тонковкрапленным золотом (физическая депрессия золота);
- тип В: руды, характеризующиеся наличием химических депрессоров золота (медистые, сурьмянистые, пирротиновые и др. руды);
- тип Г: руды, характеризующиеся высокой сорбционной активностью по отношению к золоту.

К типу Б относятся руды месторождений Олимпиадинское, Пионер, Боголюбовское, Кучюс, Тасеевское, Березняковское и др. [2]. К типу Г можно отнести руды месторождений Сухой Лог, Наталкинское, Павлик, Эльгинское и др. Однако особую упорность представляют собой руды, обладающие двойной упорностью, в которых одновременно присутствует тонковкрапленное в сульфиды золото и углеродсодержащие компоненты, характеризующиеся высокой сорбционной активностью по отношению к золоту. К такому типу сырья можно отнести руды месторождений Маломыр, Кедровое, Бақырчик и др.

Существует технология переработки руд, обладающих двойной упорностью, основанная на проведении автоклавного окисления в особых технологических режимах [3]. Данная технология в настоящее время реализуется на Амурском гидрометаллургическом комбинате. Однако одного предприятия недостаточно, чтобы обеспечить переработку всех месторождений руд с двойной упорностью, находящихся в нашей стране. Строительство же других подобных предприятий в настоящее время невозможно в связи с введенными против России экономическими санкциями. Строительство комплекса автоклавного выщелачивания сопряжено с использованием технологий из недружественных странах. В текущей политической ситуации поставка оборудования из таких стран не представляется возможной.

В текущей ситуации важным является разработка и применение технологий, которые не требуют применения оборудования из недружественных стран. Для руд, обладающих двойной упорностью, перспективным является применение метода арсенатирующего обжига. Печи для обжига производятся в России, КНР, ЮАР, поэтому реализация данной технологии не представляет особых затруднений.

В технологии арсенатирующего обжига упорный сульфидный флотоконцентрат смешивается с известью и подвергается обжигу при температуре 650-750°C. В процессе обжига протекает окисление пирита и арсенопирита по реакциям [4]



Согласно приведенным реакциям сера и мышьяк в процессе обжига переходят в нерастворимые арсенат кальция и гипс. Благодаря этому решаются две задачи. Во-первых, исключается перевод мышьяка и серы в газовую фазу, что значительно упрощает систему газоочистки, а значит снижает ее стоимость. Во-вторых, сера и мышьяк связываются в нерастворимые малотоксичные соединения, что снижает негативное воздействие на окружающую среду и позволяет избежать высокой платы за размещение отходов.

Благодаря окислению сульфидных минералов происходит вскрытие тонковкрапленного золота, поверхность которого становится доступной для цианидных растворов.

Сорбционноактивные углеродсодержащие компоненты концентрата при этом окисляются до углекислого газа и паров воды.

Таким образом, решаются сразу две задачи: происходит вскрытие поверхности золота и устранение сорбционной активности концентрата.

Технологические исследования по арсенатирующему обжигу проводились на пробе флотационного сульфидного золотосодержащего концентрата, полученного при обогащении руды одного из месторождений Магаданской области. Химический состав исходного концентрата представлен в таблице 1.

Табл. 1. Химический состав флотационного концентрата, использованного для проведения исследований

Компонент	Fe сульфидное	S общая	S сульфидная	As	C органический	Au
Массовая доля	29,4%	25,4%	25,2%	8,4%	7,9%	57 г/т

Арсенатирующий обжиг проводили в муфельной печи при температуре 750°C в течение 1 ч. Обжиг проводили с доступом кислорода в печь и периодическим перемешиванием обжигаемого материала. Результаты обжига приведены в таблице 2.

Табл. 2. Результаты арсенатирующего обжига

Параметр	Значение
Расход $\text{Ca}(\text{OH})_2$, кг/т	671,3
Выход огарка, %	187,4
Массовая доля в огарке:	
– Fe сульфидное, %	0,25
– S общая, %	13,4
– S сульфидная, %	0,22
– As, %	4,4
– C органический, %	0,16
– Au, г/т	30,4
Степень окисления сульфидов, %	98,4
Степень окисления органического углерода, %	96,2

Полученные данные свидетельствуют о том, что сера и мышьяк в процессе обжига практически полностью остаются в огарке. Снижение их содержания в огарке по сравнению с содержанием в концентрате связано преимущественно с увеличением выхода материала за счет образования гипса и арсената кальция. При этом степень окисления сульфидов составила 98,4%, а органического углерода 96,2%.

Огарок обжига подвергали цианированию с концентрацией NaCN 2 г/дм³ при отношении Ж:Т равном 1,5:1 в течение 24 ч. Уровень pH поддерживали равным 10,5. Цианирование проводили как в сорбционном режиме с использованием активированного угля, так и без загрузки сорбента. Для сравнения выполнены тесты по цианированию исходного флотационного концентрата. Результаты цианирования приведены в таблице 3.

Результаты цианирования показали, что исходный флотационный концентрат обладает высокой сорбционной активностью по отношению к золоту. Об этом свидетельствует разница в уровне извлечения золота (43,3%) между опытами, выполненными в сорбционном режиме и без загрузки сорбента.

Табл. 3. Результаты цианирования

Наименование продукта	Режим цианирования	Содержание Au, г/т		Извлечение золота, %	Расход NaCN, кг/т
		в исходном	в кеке		
Исходный концентрат	без загрузки сорбента	57,0	54,2	4,9	8,7
	сорбционный		29,5	48,2	8,6
Огарок обжига	без загрузки сорбента	30,4	2,1	93,1	4,1
	сорбционный		1,64	94,6	4,1

Применение арсенатирующего обжига позволило повысить извлечение золота с 48,2% до 94,6%. При этом разница в извлечении золота между опытами, выполненными в сорбционном режиме и без загрузки сорбента, составила 1,5%, что свидетельствует о значительном снижении сорбционной активности материала.

Выполненные исследования показали, что применение арсенатирующего обжига флотационного концентрата, обладающего двойной упорностью, позволило повысить уровень извлечения золота при последующем цианировании с 48,2% до 94,6% при переводе серы и мышьяка в нерастворимую малотоксичную форму.

Список литературы

1. Лодейщиков В.В. Технология извлечения золота и серебра из упорных руд: В 2-х томах. – Иркутск: ОАО «Иргиредмет», 1999. – Т. 1-2. – 342 с.
2. Колмогорцев Б.В., Варичев А.А. Проблемы переработки бедных и упорных золотосодержащих руд // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2016. – №2. – С. 204-218.
3. Фоменко И.В., Плешков М.А., Шнеерсон Я.М. Новые методы повышения извлечения золота в процессе автоклавного окисления концентратов двойной упорности // Золото и технологии. – 2016. – №1. – С. 78-86.
4. Senchenko A.Y., Aksenov A.V., Rybkin S.G. Optimization of gold recovery concentrates processing by the use of arsenatizing roasting // IMPC 2020: XXX International Mineral Processing Congress, Cape Town, South Africa, 18-22 October 2020.

Сведения об авторах:

Чижик Иван Дмитриевич – студент;

Васильев Андрей Анатольевич – к.т.н., доцент, доцент кафедры Metallургии цветных металлов.

ПОВЫШЕНИЕ СКОРОСТИ СПЕКАНИЯ ОКАТЫШЕЙ ПРИ ПОЛНОЙ ЗАМЕНЕ СВЯЗУЮЩЕГО БЕНТОНИТА НА КРАСНЫЙ ШЛАМ

Конкин С.Н., Лебедев А.Б.

Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург

Ключевые слова: спекание окатыша, красный шлам, бентонит, железорудный концентрат, тарельчатый окомкователь.

Аннотация. Повышение качественно-количественных показателей спекаемого концентрата в последние годы становится все более актуальным в связи с переходом от производства чугуна в доменных печах к технологии прямого восстановления железа. Для улучшения окомкования шихты в состав окатышей добавляют красный шлам вместо бентонита. Установлено, что при добавлении 2% красного шлама, процесс восстановления железа протекает активнее без снижения прочности.

INCREASING THE RATE OF PELLET SINTERING WITH THE COMPLETE REPLACEMENT OF THE BINDER BENTONITE WITH RED MUD

Konkin S.N., Lebedev A.B.

Saint-Petersburg mining university, Saint-Petersburg

Keywords: pellet sintering, red mud, bentonite, iron ore concentrate, plate pelletizer.

Abstract. Increasing the qualitative and quantitative indicators of the sintered concentrate has become increasingly important in recent years due to the transition from iron production in blast furnaces to direct iron reduction technology. To improve the pelletization of the charge, red mud is added to the composition of the pellets instead of bentonite. It has been established that with the addition of 2% red mud, the process of iron reduction proceeds more actively without a decrease in strength.

Целью данной работы являются определение количества комплексной добавки при допустимой температуре полиморфного превращения соотношения комплексной добавки с двухкальциевым силикатом в структуре спека и установление требуемых параметров прочности. Это позволит заменить дорогостоящий бентонит на связующий компонент на основе красного шлама (КШ), повышающий скорость спекания концентрата с сохранением его прочности за счет образования магнетитовой фазы. При переработке КШ повышенная влажность может вызывать затруднения при разгрузке [1]. Дозировку осуществляют путем совместной загрузки известняка и КШ в соотношении 5:1, что соответствует содержанию 1,5% КШ в концентрате. Предварительное перемешивание добавки с известняком и совместное дробление позволяют обеспечить более равномерное ее распределение в объеме всего концентрата [2, 3]. Лабораторные испытания показали, что добавка в концентрат до 1% КШ позволяет в достаточной степени сохранить прочность обожженного магнетитового окатыша [4]. При влажности 4% КШ имеет сыпучее состояние, что препятствует его слипанию в момент окомкования. При большем значении влажности образуется форма из слипшихся вместе окатышей (сгусток в виде отдельных шпирок).

Сравнительный химический состав связующих бентонита и КШ для агломерационной шихты представлены в таблице 1.

Табл. 1. Химический состав красного шлама и бентонита, % мас.

Состав	Красный шлам	Бентонит
Fe ₂ O ₃	48,26	4,60
Al ₂ O ₃	19,17	19,44
CaO	10,98	1,38
Na ₂ O	3,35	1,22
SiO ₂	8,13	61,16
MgO	1,06	2,20
MnO	0,34	0,06
TiO ₂	5,51	0,59
K ₂ O	0,11	2,05
SO ₃	0,99	0,50

КШ добавляли в состав концентрата, перемешивали и отправляли в окомкователь. Воду подавали в процессе окомкования порционно. При диаметре тарелки окомкователя 30 см скорость ее вращения составляла 46 об/мин. Процесс формирования окатыша представлен на рисунке 1. Готовые окатыши со средним размером +8 мм помещали в муфельную печь для спекания при температуре 1200°C [5].

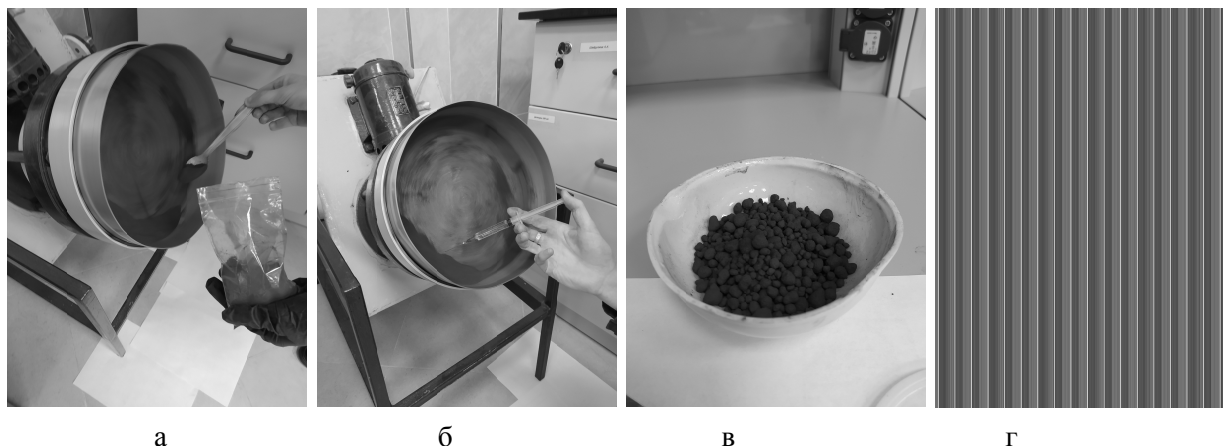


Рис. 1. Формирование окатышей в лабораторных условиях: а) окомкование шихты; б) увлажнение; в) готовые окатыши; г) спекание окатышей

Структуры спеченного окатыша с добавлением КШ в качестве связующего представлены на рисунке 2. На структуре видно, что с введением 2% КШ процесс восстановления железа до магнетитовой фазы протекает активнее, о чем свидетельствует число пор.

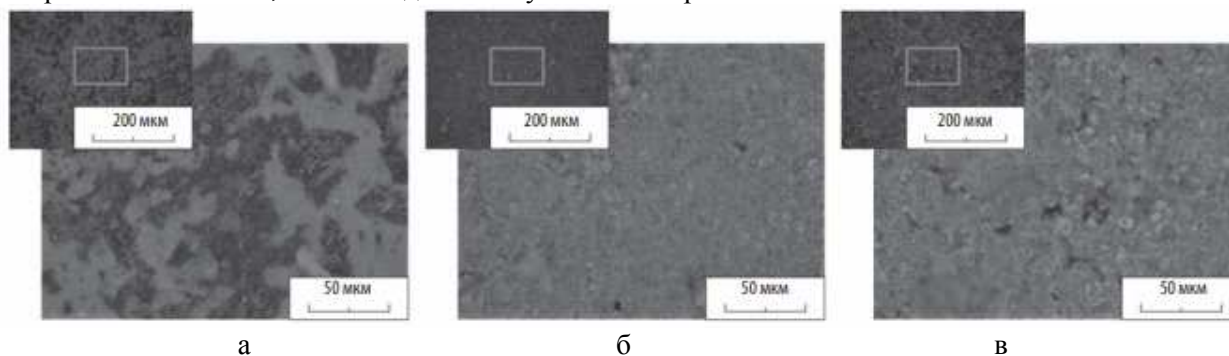


Рис. 2. Структура спечённого окатыша а) без добавления КШ; б) с добавлением бентонита 2%; в) с добавлением КШ 2%

Список литературы

1. Khalifa A., Bazhin V., Kuskova Y., Abdelrahim A., Ahmed Y. Study the Recycling of Red Mud in Iron Ore Sintering Process // Journal of Ecological Engineering. 2021, vol. 22, no. 6, pp. 191-201. doi: 10.12911/22998993/137966.
2. Ганин Д.Р., Дружков В.Г., Панычев А.А., Шаповалов А.Н. Прогнозирование результатов окомкования агломерационной шихты в условиях АО «Уральская сталь» // Теория и технология металлургического производства. – 2020. – № 3(34) – С. 8-13.
3. Князева А.Г., Анисимова М.А., Коростелева Е.Н. Особенности диффузионно-контролируемых процессов управляемого объемного синтеза из порошковых смесей $Ti-Al-Fe-Fe_2O_3$ // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика. – 2022. – № 3. – С. 125-134. – doi: 10.15593/perm.mech/2022.3.13.
4. Skripnikova N.K., Semenovikh M.A., Shekhovtsov V.V. Anorthite-based building ceramics // Journal of Civil Engineering. 2023, vol. 117, no. 1, p. 11706. doi: 10.34910/MCE.117.6.
5. Lebedev A.B., Shuiskaya V.S. Influence of composition and cooling rate of alumocalcium slag on its crumblability // Izvestiya. Ferrous Metallurgy. 2022, vol. 65, no. 11, pp. 806-813. doi: 10.17073/0368-0797-2022-11-806-813.

Сведения об авторах:

Конкин Сергей Николаевич – студент;

Лебедев Андрей Борисович – к.т.н., старший преподаватель.

СПЕЦИАЛЬНАЯ РОБОТИЗИРОВАННАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ДУГОВОЙ НАПЛАВКИ ТОРЦА РЕЛЬСА

Тихомиров Е.О.

Псковский государственный университет, Псков

Ключевые слова: электродуговая наплавка, сварочная установка, элементы роботизированной установки, робот промышленный, сварочный манипулятор, устройства управления и очистки.

Аннотация. В докладе разработан специальный роботизированный комплекс для дуговой наплавки роботом необходимого количества слоёв металла на торец рельса. Установка реализуется на базе робота FANUC ArcMate-100iD с шестью степенями подвижности, с применением сварочного аппарата Titan XQ R 400 Puls DWEG производства фирмы EWM и водоохлаждаемой горелки, специально разработанной для роботизированной сварки и наплавки.

SPECIAL ROBOTIC INSTALLATION FOR ARC WELDING OF THE END OF THE RAIL

Tikhomirov E.O.

Pskov State University, Pskov

Keywords: electric arc surfacing, welding installation, elements of a robotic installation, industrial robot, welding manipulator, control and cleaning devices.

Abstract. The report developed a special robotic complex for arc welding by a robot of the required number of metal layers on the end of the rail. The installation is implemented on the basis of the FANUC ArcMate-100iD robot with six degrees of mobility, using the Titan XQ R 400 Puls DWEG welding machine manufactured by EWM and a water-cooled burner specially designed for robotic welding and surfacing.

Наплавка металлов – эффективный способ продления срока службы деталей машин и механизмов. В настоящее время наплавка металлов – важная отрасль сварочного производства. С применением наплавки решены сложные задачи при производстве энергетических установок, металлургического оборудования. Наплавка при ремонте изношенных деталей машин и оборудования составляет 72,3% общего объема наплавочных работ (27,7% приходится на изготовление новых изделий). Созданы крупные цеха и участки централизованной наплавки деталей, а также предприятия, на которых производятся наплавочные материалы (твердые сплавы, порошковая проволока и т. д.) [1].

Специальный роботизированный комплекс РТК-01 УХЛ4 представляет собой законченный производственный модуль, в котором осуществляется ручное управление загрузкой-выгрузкой изделия и его ориентирования в рабочее положение и наплавка роботом необходимого количества слоев металла в автоматическом режиме.

Разработанная установка предназначена для многослойной наплавки дуговой сваркой хромоникелевой проволокой аустенитного класса на торец рельсовых деталей типа Р65 длиной 600-3100 мм и рельсового окончания крестовины проекта типа 2750.13.060 длиной 1000-3100 мм слоя нержавеющей стали аустенитного класса толщиной до 30 мм. Наплавленный слой соответствует ГОСТ 34666–2020.

Первый слой наплавляется дуговым способом режимом Puls в смеси аргона сплошной проволокой 1,2 мм, последующие слои наплавляются обычным режимом. Ось рельса наклонена относительно вертикальной оси на регулируемый угол 10/20/30 град. Наплавка выполняется с принудительным формированием боковой наплавляемой поверхности и с сопутствующим водяным охлаждением формирующих приспособлений.

Приспособления для наплавки торца рельса или рельсового окончания, сменные, регулируемые и быстро перенастраиваемые.

В горизонтально расположенном сборочном приспособлении (стол) рабочий-оператор устанавливает рельсы типа Р65 (до 3 шт.) или рельсовые окончания типа 2 7150.13.060 (до 2 шт.), базируя их по наплавляемому торцу и фиксируя быстросменными винтовыми прижимами в количестве пяти штук на деталь.

Затем с помощью тельфера оператор опускает стол вместе с деталями в приямок для расположения продольной оси рельсовых деталей под углом 10/20/30° горизонтальной оси в жесткий упор стола. После установки сборочного приспособления в рабочее положение, оператор убирает базирующие упоры и устанавливает на наплавляемые изделия водоохлаждаемые формирующие приспособления (медные формы). Далее выполняется поочередная наплавка необходимого количества слоёв нержавеющей стали с периодической автоматической очисткой, смазкой горелки и откусыванием конца проволоки. После наплавки каждый наплавленный слой толщиной 4-4,5 мм зачищается оператором от шлака механизированным инструментом (игольчатый пневматический молоток).

Система управления процессом сварки оснащена устройством записи в память основных режимов сварки – ток, напряжение и т.д.

Установка изготавливается для работы в районах умеренного климата при температуре окружающего воздуха от плюс 1°C до плюс 35°C, с относительной влажностью не более 80% при температуре плюс 25°C и при температуре охлаждающей воды от плюс 5°C до плюс 25°C. Окружающий воздух не должен содержать вредных газов, разрушающих металлы, лакокрасочные покрытия и изоляцию.

На рисунке 1 показан общий вид установки РТК-01 УХЛ4.

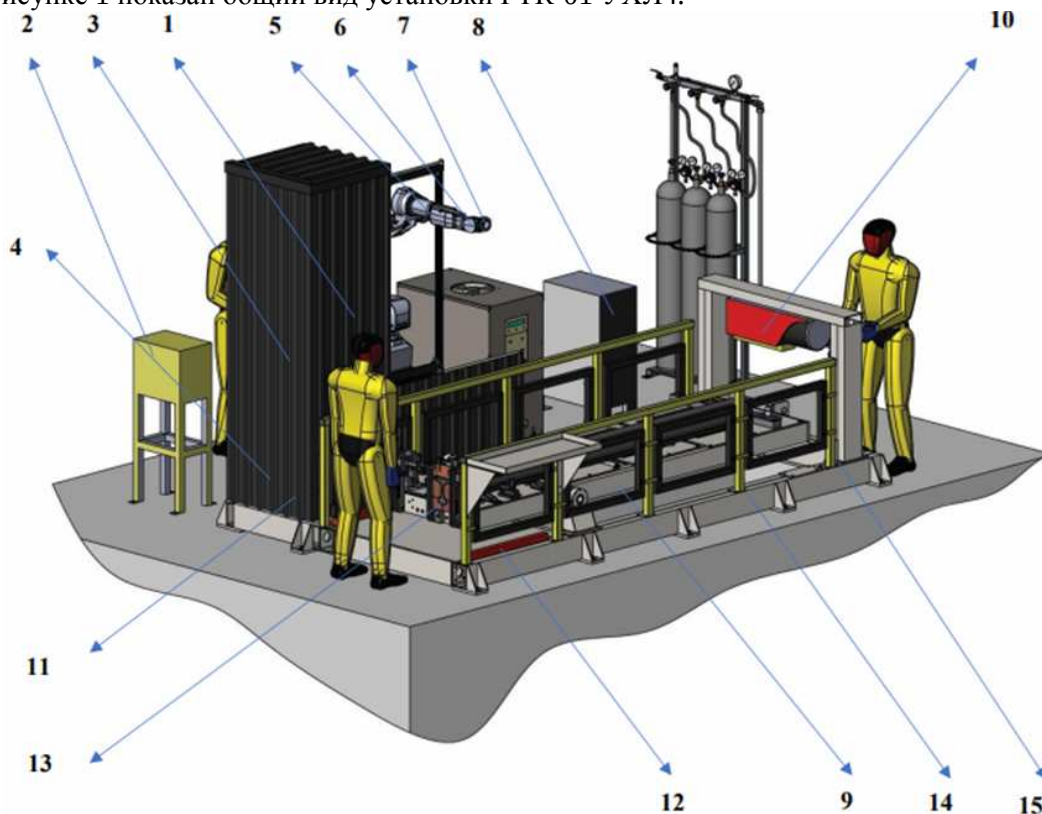


Рис. 1. Общий вид установки: основные узлы станка: 1 – шкаф управления; 2 – устройство управления роботом; 3 – пульт оператора; 4 – устройство очистки горелки; 5 – робот промышленный; 6 – устройство защиты горелки; 7 – сварочная горелка; 8 – сварочный аппарат; 9 – рама приспособлений; 10 – таль; 11 – экран защитный; 12 – барьер безопасности; 13 – элемент наплавки; 14 – ограждение; 15 – платформа

Несущие элементы РТК смонтированы на сборной платформе (поз. 15), что обеспечивает жесткость всей конструкции и возможность легкого монтажа и демонтажа всех элементов. На платформе комплекса монтируется тумба, на которой крепится промышленный робот (поз. 5). Данная конструкция позволяет оптимально использовать рабочую зону робота и обеспечивает свободный доступ робота ко всем местам наплавки. В РТК-01 УХЛ4 применен робот FANUC ArcMate-100iD с шестью степенями подвижности, интерполированными между собой. Робот специально сконструирован для автоматизации процесса дуговой сварки и наплавки [3].

Водоохлаждаемая горелка (поз. 7), разработанная специально для роботизированной сварки и наплавки, устанавливается на фланце последнего звена робота на устройство (поз. 6) защиты горелки от поломки. В случае наезда горелки на препятствие, срабатывает микровыключатель внутри устройства, сигнал от которого, с целью избежания повреждений, останавливает робот. При резком наезде горелкой на препятствие одновременно со срабатыванием выключателя происходит механическая рас-фиксация горелки, что предотвращает горелку и робот от деформаций и поломки.

Устройство очистки горелки установлено сбоку от робота в зоне его досягаемости. Операция по очистке программируется оператором с помощью пульта обучения робота и может быть вставлена в любом месте рабочей программы, где необходима очистка горелки. Периодичность очистки (количество полных рабочих циклов перед очисткой) устанавливается переменными программы в зависимости от степени загрязнения сварочной горелки.

Сбоку от робота и устройства очистки горелки, за защитным экраном, располагаются шкаф управления (ШУ) и коммуникаций установки (поз. 1) и устройство управления роботом R-30iB Mate (поз. 2), установленное на ШУ. Помимо контроллера цифровых сервомеханизмов робота, УУ содержит программное обеспечение ARC-TOOL для управления дуговой сваркой. Все программирование

выполняется со специального пульта, который передает инструкции о необходимой траектории движения осей робота.

Подача питания к шкафу выполняется автоматическим выключателем, расположенным на боковой панели. Электрическое подключение устройства управления роботом выполняется через силовой разъем, а сварочного полуавтомата – через разъем, расположенные на той же панели ШУ.

Органы включения и контроля подачи напряжения в ШУ находятся на его передней панели. Подключение сигнальных кабелей от периферийного оборудования к ШУ выполняется через группу разъемов, а коммутация сигнальных электроцепей между УУ и ШУ выполняется через разъемы на панели ШУ. На той же панели сверху расположены 16-позиционный переключатель выбора программы и индикатор номера выбранной программы.

В качестве сварочного оборудования в установке использован инверторный полуавтомат Titan XQ R 400 Puls DWEG производства фирмы EWM [4].

В процессе работы разработана специальная роботизированная установка для дуговой наплавки хромоникелевой вставки на торце рельсовых окончаний сердечника крестовины.

Одним из основных преимуществ наплавки остаётся возможность получения биметаллических деталей, при этом на основу, изготовленную из углеродистой стали, наплавляют тонкий слой дорогого высоколегированного материала, надежно защищающего ее от воздействия окружающей среды или сопряженных деталей [2].

Список литературы

1. Клименко Ю.В. Электроконтактная наплавка / Под ред. Э.С. Каракозова. – М.: Металлургия», 1978. – 128 с.
2. Меликов В.В. Многоэлектродная наплавка. – М.: Машиностроение, 1988 – 144 с.
3. FANUC [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.fanuc.eu/uk/en/robots/robot-filter-page/arc-welding/arcmate-100id>
4. Аппараты для сварки MIG/MAGURL [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.ewm-sales.com/ru/Apparaty_dlja_svarki_MIG_MAG/Titan_XQ_puls/Titan_XQ_puls_D__dek_ompaktnoe_ispolnenie_/Titan_XQ_400_puls_DW--090-005561-00001.html

Сведения об авторе:

Тихомиров Евгений Олегович – студент.

СНИЖЕНИЕ ТЕПЛОВОЙ НАГРУЗКИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

*Голобоков С.В., Филатов Д.Г., Тихомирова А.А.
Пензенский государственный университет, Пенза*

Ключевые слова: асинхронный электродвигатель, тепловой режим, статорные обмотки, подшипник, блок тепловой защиты, РТС-термистор, показатели качества электроэнергии.

Аннотация. В статье рассмотрены причины выхода из строя асинхронных электро-двигателей средней и большой мощности. Выполнен анализ аварийных режимов работы, нагрева и разрушения опорного подшипника. Рассмотрены режимы работы электродвигателей при нарушении ПКЭ в распределительных электрических сетях напряжением 0,4 кВ. Предложены меры по защите от перегрева статорных обмоток.

REDUCTION OF HEAT LOAD OF ELECTRIC MOTORS

*Golobokov S.V., Filatov D.G., Tikhomirova A.A.
Penza State University, Penza*

Keywords: asynchronous electric motor, thermal regime, stator windings, bearing, thermal protection unit, RTS-thermistor. Power Quality Indicators.

Abstract. The article discusses the reasons for the failure of asynchronous electric motors of medium and high power. The analysis of emergency operation modes, heating and destruction of the support bearing is carried out. The modes of operation of electric motors in case of violation of PCE in distribution electrical networks with a voltage of 0.4 kV are considered. Measures to protect against overheating of stator windings are proposed.

В процессе эксплуатации асинхронных электродвигателей нередки отказы, вызванные перегревом обмоток и разрушением изоляции. Причинами перегрева электродвигателей могут быть длительная работа с повышенной мощностью, частый затрудненный пуск, отклонение показателей качества электроэнергии от требований ГОСТ, нарушение работы систем охлаждения и условия окружающей среды.

Самой распространенной причиной отказов является перегрузка электродвигателей. Повышенный момент сопротивления приводного механизма увеличивает механическую мощность, растет скольжение ротора и потребляемый ток. В некоторых случаях наблюдается заклинивание привода, вал ротора не вращается, в обмотках протекают пусковые токи. Перегрев обмотки происходит вследствие длительного протекания тока, превышающего допустимые значения.

Превышение допустимой температуры в обмотках статора приводит к ее старению и пробое изоляции, возникает межвитковое замыкание или однофазное замыкание на корпус. Ток короткого замыкания приводит к частичному выгоранию провода обмотки и разрушению внешней поясной изоляции. На рисунке 1 представлен внешний вид сгоревшей обмотки.



Рис. 1. Разрушение статорной обмотки электродвигателя

Самым тяжелым режимом является пуск. При подаче питания ротор неподвижен, скольжение ротора максимальное, в первые мгновения в роторных обмотках наводится максимальная ЭДС и протекает пусковой ток [1]. В зависимости от мощности, исполнения электродвигателя и характеристик приводного механизма кратность пускового тока достигает 7. Тепловая мощность пропорциональна квадрату тока. Повышенный ток приводит к быстрому нагреву токоведущих частей, температура обмоточного провода повышается. Появляется опасность перегрева обмоточного провода, пробоя изоляции и короткого замыкания.

Вторым по важности фактором является время разгона ротора до номинальной частоты вращения. При жесткой связи вала ротора с механизмом момент инерции ротора и привода тормозит разгон двигателя. В течение всего времени разгона пусковой ток снижается, но все равно превышает ток в номинальном режиме [1]. Выделяющееся количество теплоты зависит от тока в квадрате и времени пуска. Для облегчения запуска и сокращения времени в двигателях большой мощности применяют муфты или редукторы.

Повышенный пусковой ток и длительное время пуска приводят к нагреву обмоток и сердечников электродвигателя. Наиболее частой причиной выхода из строя обмоток статора и разрушения изоляции проводов обмотки является превышение допустимой температуры. В зависимости от класса термостойкости для лаковой изоляции проводов обмотки допустимая температура составляет от 105 до 160°C [2].

Третьей причиной перегрева является неэффективное охлаждение. Двигатели могут эксплуатироваться в разных климатических зонах, температура окружающего воздуха меняется от минус 45 до плюс 40°C. При высокой температуре воздуха перепад температуры снижается и тепловой поток, уносимый потоком воздуха с нагретых поверхностей, также снижается. Поток отказов электродвигателей летом увеличивается.

По статистике, чаще всего обмотки статора электродвигателей перегорают в лобовой, передней части. Внешний воздух захватывается крыльчаткой в задней части двигателя и поступает во внутреннее пространство корпуса. Воздух проходит вдоль обмоток двигателя и нагревается, на переднюю часть поступает с повышенной температурой. Условия охлаждения обмотки в передней части гораздо хуже, чем в задней, именно поэтому она перегревается быстрее. Тепловая мощность при протекании тока по всей обмотке одинакова, поэтому температура передней части статорных обмоток выше, чем в задней.

В некоторых случаях наблюдается выход из строя подшипника передней опоры ротора. Этот подшипник является самым нагруженным, нагревается быстрее, повышенная температура приводит к плавлению и вытеканию смазки, разрушению сепаратора и заклиниванию. При нагреве колец их размеры увеличиваются, натяг подшипника на шейке вала ослабевает. Кольцо подшипника проворачивается в посадочном гнезде или на шейке вала. Пример разрушенного подшипника приведен на рисунке 2.



Рис. 2. Разрушение обоймы шарикового подшипника

Причинами разрушения подшипников электродвигателя могут быть недостаток смазки или несвоевременная ее замена. Возможно применение смазка другой марки или группы по температурной стойкости. На поверхности колец перегретого подшипника появляются цвета побежалости – это характерный признак нагрева металла до температуры примерно в 250°C. Такой режим для электродвигателя является аварийным, смазка подшипника на такую температуру не рассчитана [2].

Еще одной распространенной причиной отказа подшипников является их разгерметизация и попадание в смазку абразивных частиц – песка, пыли, стружки, окалины. Абразивные частицы приводят к быстрому износу подвижных сопрягаемых поверхностей, появлению люфта и преждевременному отказу подшипника. Абразивные частицы попадают в смазку ввиду нарушения технологии хранения и применения смазок. При работе электродвигателя в помещениях с высокой запыленностью возможно попадание пыли из атмосферы через зазоры в манжетах.

Производители электродвигателей принимают меры для защиты от перегрева и повышению надежности и качества выпускаемой продукции. В электродвигателях старой конструкции тепловая защита конструктивно представляет собой биметаллический выключатель или вставку из материала с низкой температурой плавления [2]. В случае превышения температуры обмоток порога срабатывания, вставка плавится, размыкает цепь и защищает обмотку от перегрева и разрушения. Для восстановления работоспособности электродвигателя требуется заменить вставку, т.е. выполнить частичную разборку.

В современных электродвигателях для защиты обмотки статора устанавливаются датчики температуры. Термистор – полупроводниковый резистор, сопротивление которого изменяется зависимости от температуры. Для защиты электродвигателей используются в основном РТС-термисторы, сопротивление которых резко увеличивается, когда достигнута пороговая температура [3]. Применительно к двигателю это максимально допустимая температура нагрева обмоток статора для данного класса изоляции. Три РТС-термистора установлены на статорные обмотки и соединены последовательно.

Для реализации тепловой защиты применяют дополнительные блоки. Выводы датчиков температуры подключены к блоку тепловой защиты. Некоторые производитель коммутационной аппаратуры включают модули тепловой защиты в состав шкафов автоматики.

Блок тепловой защиты включен в цепь управления магнитного пускателя. Блок тепловой защиты замыкает контакт выходного реле при превышении суммарного сопротивления датчиков [4]. Реле управляет расцепителем автоматического выключателя питания или катушкой магнитного пускателя. Повторный запуск электродвигателя возможен только после остывания обмоток.

Таким образом, при перегреве статорной обмотки отключается питание и двигатель останавливается. Для исключения неустойчивой работы двигателя при перегреве применяется алгоритм срабатывания с петлей гистерезиса. Температура срабатывания и отпускания реле отличаются на несколько градусов. В зависимости от типа датчика алгоритм и настройки порога срабатывания будут различными.

В распределительных сетях наблюдаются суточные колебания фазного напряжения. ГОСТом установлено допустимое относительное отклонение фазного напряжения не более 10% от номинального или согласованного [5]. Отклонение показателей качества электроэнергии питающей сети негативно сказывается на электромагнитные процессы и может привести к аварийному режиму работы.

Превышение напряжения свыше допустимого значения приводит к росту электрической мощности, потребляемой асинхронным электродвигателем. Частота вращения вала увеличивается, скольжение ротора снижается. Двигатель может развивать большую механическую мощность. Его тепловой режим несколько повышается.

Напротив, снижение фазного напряжения приводит к падению мощности, снижению частоты вращения вала, росту скольжения ротора. Это приводит к росту ЭДС, повышению тока и опасности перегрева обмоток электродвигателя. Пониженное напряжение представляет для асинхронного мотора наибольшую опасность в режиме пиковой мощности. В режиме пуска с пониженным напряжением питания пусковой ток уменьшается и тепловой режим электродвигателя снижается. Снижение пускового тока приводит к уменьшению магнитного взаимодействия ротора и статора, вращающий момент двигателя снижается.

Время разгона ротора при малом вращающем моменте увеличивается, через обмотки ротора и статора пусковой ток протекает большее время, чем при нормальном пуске. Вращающий момент двигателя пропорционален току, а нагрев обмоток статора пропорционален квадрату тока. Слишком затянутый пуск приводит к перегреву обмоток и термическому разрушению лаковой изоляции проводов, и может быть причиной короткого замыкания и выхода обмоток из строя.

В режиме номинальной частоты вращения вала при появлении кратковременных перегрузок момент двигателя меньше, частота ротора падает. Двигатель попадает в режим частичного пуска и время восстановления нормальной частоты вращения также увеличивается. При каждом случайном увеличении нагрузки обмотки будут нагреваться сильнее, тепловой режим электродвигателя приближается к аварийному.

Трехфазные асинхронные двигатели чувствительны к несимметрии напряжений. При отклонении коэффициентов несимметрии по обратной и нулевой последовательности свыше допускаемых значений

падает вращающий момент и мощность электродвигателя, в цепи протекают повышенные токи обратной и нулевой последовательности, которые приводят к перегреву обмоток и сердечников. Температура обмоток возрастает, их тепловой режим ужесточается, повышается вероятность отказов и снижается ресурс. Отклонения других ПКЭ в питающей сети также наблюдаются, но на режимы работы асинхронных электро-двигателей они существенного влияния не оказывают и не могут быть причиной аварийного режима и выхода из строя электродвигателя.

Для снижения теплового режима асинхронных двигателей средней и большой мощности и исключения отказов по причине перегрева и перегорания обмоток предлагается несколько мероприятий.

Датчики температуры статорных обмоток, РТС-термисторы рекомендуется устанавливать в передней части корпуса, там, где температура обмоток и охлаждающего воздуха максимальная. Для существующих конструкций электродвигателей, у которых датчики температуры установлены на середине статорных обмоток, в блоках тепловой защиты рекомендуется применять на меньшее значение температуры по сравнению с порогом срабатывания.

Для распознавания ситуации с перегревом опорного подшипника на переднюю крышку двигателя рекомендуется установить четвертый датчик температуры. РТС-термистор включается последовательно с цепочкой из трех аналогичных датчиков, установленных на статорные обмотки. Температура в зоне посадочного гнезда подшипника будет зависеть от температуры самого подшипника и температуры поступающего воздуха. В случае перегрева подшипника сработает тепловая защита.

Тепловая защита применяется в тех случаях, когда определить температуру двигателя по величине электрического тока с достаточной точностью невозможно. Тепловая защита применяется для двигателей с продолжительным периодом запуска, с повторно-кратковременным режимом работы или двигателей с регулируемым числом оборотов. Тепловая защита эффективно срабатывает также при сильном загрязнении двигателей или выходе из строя системы принудительного охлаждения.

Для исключения аварийных ситуаций по причине отклонения качества электроэнергии в центрах питания ведется непрерывный мониторинг [5]. При отклонении ПКЭ в распределительных сетях потребителей возможна подача питания на электродвигатели, не соответствующая требованиям ГОСТ. В этом случае на трансформаторной подстанции или в шкафах автоматики следует предусмотреть контроль ПКЭ. Если такого контроля нет, перегрев двигателя по причине нарушения ПКЭ с некоторой временной задержкой обнаружит блок тепловой защиты.

Реализация предложенных мер позволит снизить поток отказов асинхронных электродвигателей по причине перегрузки или перегрева. Затраты на реализацию мероприятий несравненно меньше чем стоимость ремонта или замены электродвигателей. Кроме того, сохраняется ритмичность производства и снижаются потери от простоев техники.

Список литературы

1. Пуск асинхронного двигателя. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://electrono.ru/elektricheskie-mashiny/pusk-asinxronnogo-dvigatelya>.
2. ГОСТ 28327-89 Машины электрические вращающиеся. Пусковые характеристики односкоростных трехфазных асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором напряжением до 660В включительно. – М: Изд-во Госстандарт, 1993.
3. Датчик температурной защиты обмотки статора. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://shamrin.ru/datchik-temperaturnoy-zaschity-obmotki-statora/>.
4. Встроенная тепловая защита. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sapolim-spb.ru/info/tekhnicheskaya-dokumentatsiya/termozashchita-elektrodvigatelay/>.
5. ГОСТ 32144-2013 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – М: Изд-во Росстандарт, 2012.

Сведения об авторах:

Голобоков Сергей Владимирович – к.т.н., доцент, доцент кафедры ЭиЭ;

Филатов Дмитрий Геннадьевич – магистрант;

Тихомирова Анна Алексеевна – старший преподаватель кафедры ЭиЭ.

АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК НА БАЗЕ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Никулина Е.Н., Ларин Е.А.

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., Саратов

Ключевые слова: водород, топливные элементы, производство энергии, преобразование энергии, энергетическая установка, водородная энергетика, электролит, анод, катод, газотурбинная установка.

Аннотация. Статья является основным исследованием, направленным на анализ технологических преимуществ газотурбинных установок, использующих топливные элементы. В статье рассматриваются особенности работы данных установок, а также механизм действия топливных элементов. В статье проводится анализ результатов опытно-исследовательской работы, где была проверена эффективность работы газотурбинных установок на базе топливных элементов. Результаты исследования показали, что данный тип генераторов энергии является эффективным и может быть использован как в крупных промышленных объектах, так и в небольших научно-исследовательских лабораториях. В статье также описываются преимущества газотурбинных установок на базе топливных элементов перед традиционными генераторами энергии и другими аналогами. В целом, статья представляет собой описание исследования, которое позволяет лучше понимать особенности работы газотурбинных установок на базе топливных элементов и их преимущества перед аналогами. Данные исследования могут быть использованы как для научных, так и практических целей, в том числе при создании новых энергетических систем и технологий.

ANALYSIS OF THE EFFICIENCY STUDY OF GAS TURBINE INSTALLATIONS BASED ON FUEL CELLS

Nikulina E.N., Larin E.A.

Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Saratov

Keywords: hydrogen, fuel cells, energy production, energy conversion, power plant, hydrogen power, electrolyte, anode, cathode, gas turbine plant.

Abstract. The article is the main research aimed at analyzing the technological advantages of gas turbine installations using fuel cells. The article discusses the features of the operation of these installations, as well as the mechanism of action of fuel cells. The article analyzes the results of experimental research work, where the efficiency of gas turbine installations based on fuel cells was tested. The results of the study showed that this type of energy generators is efficient and can be used both in large industrial facilities and in small research laboratories. The article also describes the advantages of gas turbine installations based on fuel cells over traditional energy generators and other analogues. In general, the article is a description of a study that allows you to better understand the features of the operation of gas turbine installations based on fuel cells and their advantages over analogues. These studies can be used for both scientific and practical purposes, including the creation of new energy systems and technologies.

Топливный элемент (ТЭ) является одним из направлений развития и совершенствования тепловых электростанций, принцип его работы заключается в прямом преобразовании энергии. Их процесс выработки электроэнергии более эффективен, чем у традиционно используемых в теплоэнергетике электромеханических преобразователей (ЭМП), что позволит значительно повысить эффективность преобразования химической энергии топлива в электрическую: до 60,5% при малой мощности, и до 75% мощности в диапазоне больших мощностей смешанных циклов для газовых турбин, паросиловых и парогазовых установок. Общий КПД тепловых электростанций, использующих топливные элементы для утилизации химической энергии, запасенной в топливе, может достигать 95% [1, 2].

Наиболее эффективным типом ТЭ, для использования в энергетических установках является твердооксидные топливные элементы (ТОТЭ) [3].

Принцип работы топливного элемента основан на движении ионов через электролит при подаче в топливный элемент окислителя и топлива. В ТОТЭ воздух ионизируется на катоде, а ионы кислорода проходят через электролит (рис. 1). После того, как топливо достигает анода, они окисляют водород до H_2O и монооксид углерода до CO_2 . В ходе этих реакций высвобождаются электроны, и если анод и катод подключить к внешней цепи, то поток электронов становится постоянным током. Процесс продолжается до тех пор, пока в ячейку подаются горючее и окислитель.

Различают установки, в которых ТЭ работают под давлением (от 0,3 МПа и выше). Схема такой установки приведена на рисунке 2.

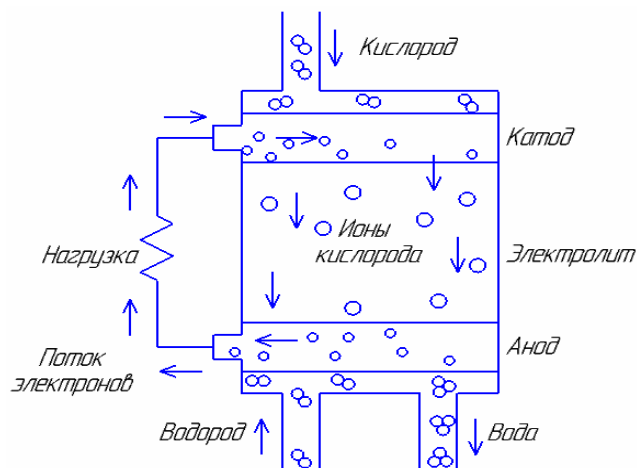


Рис. 1. Принципиальная схема действия ТОТЭ

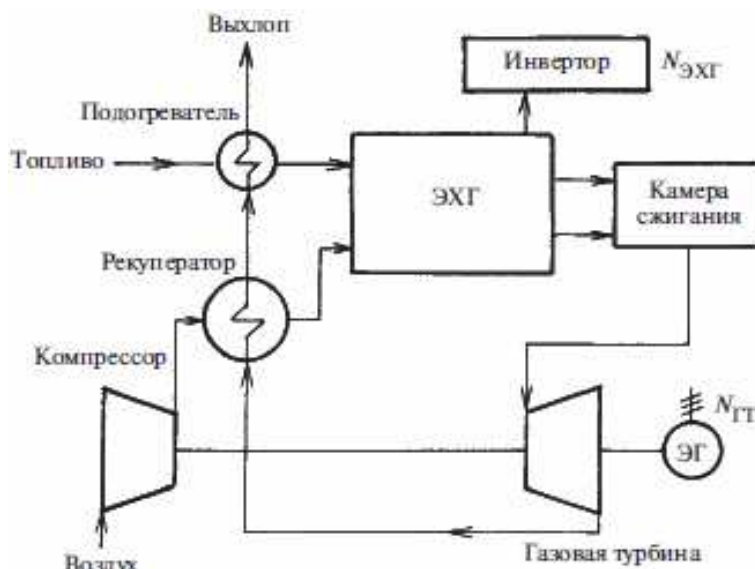


Рис. 2. Принципиальная схема гибридной установки с топливными элементами, работающими под давлением

Компрессор сжимает воздух до давления около 0,3 МПа. После нагрева в теплообменнике сжатый воздух поступает в электрохимический генератор (ЭХГ) с катодной стороны топливного элемента. Нагретое в рекуператоре топливо подается на анод. В топливном элементе происходит электрохимическая реакция, в результате которой образуется постоянный ток, который преобразуется инвертором в переменный ток. В топливном элементе обычно вступает в реакцию только 75-85% топлива. Оставшееся топливо после ЭХГ смешивается с воздухом в камере сгорания и сгорает при повышении температуры газов. Горячий газ расширяется в турбине, которая приводит в действие компрессор и генератор. После турбины газ охлаждается в теплообменнике перед подачей в дымоход. Рециркуляция части газа (рис. 3) на катод (сторона окислителя) топливного элемента после ЭХГ позволяет избежать использования высокотемпературных рекуператоров.

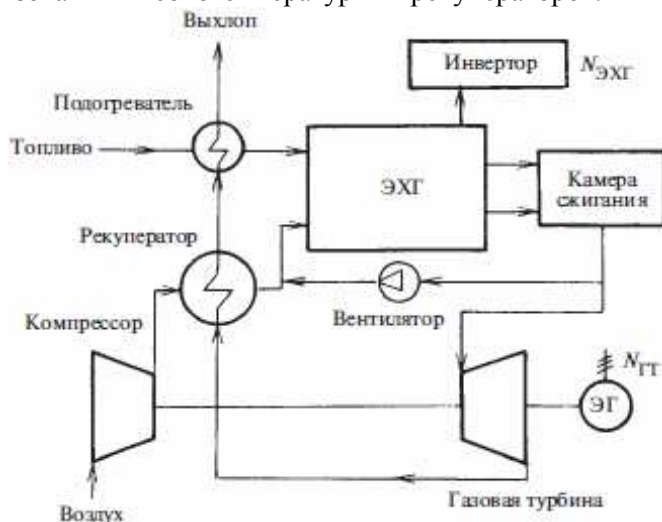


Рис. 3. Принципиальная схема гибридной установки с рециркуляцией

Дальнейшее повышение эффективности возможно при использовании установок с двухступенчатым расширением (рис. 4) [4].

Промежуточное охлаждение в компрессоре и промежуточный подвод при расширении продуктов сгорания повышают общий КПД установки.

Данные предварительные спецификации в дальнейшем используются для определения КПД газовой турбины на топливных элементах. В качестве проектного решения была выбрана силовая установка на базе ГТЭ-10/95 и ТОТЭ, для повышения КПД установки была заменена камера сгорания.

С целью эффективного решения задачи ресурсосбережения и снижения себестоимости электрической энергии ОАО «НПП «Мотор» разработана блочно-модульная электростанция ГТЭ-10/95БМ с номинальной электрической мощностью 8-10 МВт и суммарным коэффициентом использования теплоты топлива более 80%. 10/95БМ включает газотурбинный привод ГТП-10/95, созданный на основе модернизирования авиационного двигателя Р95Ш.

Примем число часов работы гибридной энергоустановки на максимально зимнем режиме 65 ч., на средне-зимнем режиме 3785 ч, на средне-летнем режиме 4910 ч.

На основе полученных результатов расчетов термодинамических и показателей термодинамической эффективности проведен расчет: ЧДД, который составляет 118,36 млн. руб.; ИД равен 2,1795 руб./руб.; внутренняя норма доходности – 24,717%; дисконтированный срок окупаемости составил 7,1 лет.

Список литературы

1. Бредихин С.И., Голодницкий А.Э., Дрожжин О.А., Истомин С.Я., Ковалевский В.П., Филиппов С.П. Стационарные энергетические установки с топливными элементами: материалы, технологии, рынки. – М.: НТФ "Энергопрогресс" Корпорации "ЕЭЭК", 2017. – 392 с.
2. The Fuel Cell Industry Review.2016.-E4tech/ 2016 (www.e4tech.com).
3. Filippov S.P., Dilman M.D. CHP Plants in Russia: the Necessity for Technological Renovation // Thermal Engineering. 2018, vol. 65, no. 11, pp. 775-790.
4. Никулина Е.Н., Ларин Е.А. Анализ эффективности газотурбинных установок на базе топливных элементов // Проблемы совершенствования топливно-энергетического комплекса: сб. науч. тр. по материалам XVI Междунар. науч.-техн. конф. «Совершенствование энергетических систем и теплоэнергетических комплексов». – Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2022. – Вып. 11. – 312 с.

Сведения об авторах:

Никулина Екатерина Николаевна – аспирант;

Ларин Евгений Александрович – к.т.н., профессор, доцент.

**Научно-исследовательский центр «МашиноСтроение»
(НИЦ МС)**

<http://srcms.ru/>

E-mail: info@srcms.ru

