

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»

ХИМИЯ. ЭКОЛОГИЯ. УРБАНИСТИКА

*Материалы
международной научно-практической конференции*

г. Пермь, 26–28 марта 2025 г.

В четырех томах

Том 3

Пермь
2025

УДК 504.06+711+54.057+504.054+504.064.2:54
Х46

Х46 Химия. Экология. Урбанистика : матер. междунар. науч.-
практ. конф., г. Пермь, 26–28 марта 2025 г. : в 4 т. / ФГАОУ
ВО «Пермский национальный исследовательский политехни-
ческий университет». – Пермь, 2025.

ISBN 978-5-398-03299-4

Т. 3. – 298 с. – 978-5-398-03301-4

Приведены результаты исследований в области экологии, химиче-
ской технологии и биотехнологии, строительства дорог и транспортных со-
оружений, машиностроения и материаловедения, направленных на разра-
ботку энерго- и ресурсосберегающих технологий.

Главный редактор

В.Н. Коротаев, д-р техн. наук, профессор

Ответственные редакторы

А.Е. Жуланова, канд. техн. наук, доцент

А.В. Портнова, канд. хим. наук, доцент

Д.В. Першин, старший преподаватель

Е.В. Баньковская, канд. фарм. наук, доцент

Н.И. Кузнецов, канд. техн. наук, доцент

С.И. Сташков, канд. техн. наук, доцент

Е.М. Федосеева, канд. техн. наук, доцент

Е.О. Гладких, ассистент

Редакционная коллегия

А.О. Добрынин, канд. техн. наук, доцент

Н.В. Лобов, д-р техн. наук, профессор

Е.Р. Мошев, д-р техн. наук, доцент

М.В. Песин, д-р техн. наук, профессор

В.З. Пойлов, д-р техн. наук, профессор

Л.В. Рудакова, д-р техн. наук, профессор

Н.Б. Ходяшев, д-р техн. наук, профессор

Ю.Д. Щицын, д-р техн. наук, профессор

УДК 504.06+711+54.057+504.054+504.064.2:54

ISBN 978-5-398-03301-4 (Т. 3)

ISBN 978-5-398-03299-4 (общ.)

© ПНИПУ, 2025

СОДЕРЖАНИЕ

Секция 5. Урбанистика: проектирование, строительство, транспорт

<i>С.Т. Бабаева</i> Реконструкция здания школы с пристроем спортивного корпуса	10
<i>А.А. Бакарев, Л.В. Янковский, Б.А. Баранов</i> Проект ковша активного действия для одноковшового экскаватора	14
<i>В.Э. Бояринов</i> Ледовые арены: архитектурная история развития и современных тенденций	18
<i>В.И. Брызгалов, М.О. Карпушко, А.М. Бургунутдинов</i> Оценка эффективности строительства платных дорог на примере трассы М-12 «Восток»	22
<i>М.А. Вахрушев, Е.М. Генсон, Л.В. Янковский</i> Разработка алгоритмов для цементировочного агрегата	27
<i>А.А. Воронина, Е.Н. Акбулякова</i> Анализ результатов калибровки параметров модели Soft Soil	31
<i>Д.А. Гашев, О.С. Иванова</i> Опыт эксплуатации модели болида на водородных топливных элементах.....	36
<i>Я.И. Глухов, В.П. Дунец, Н.В. Чмых</i> Роботизация производства строительных материалов: решение проблемы дефицита кадров и повышение производительности	40
<i>Н.А. Грачев, А.О. Добрынин</i> Проектирование железобетонных водопропускных труб с использованием САПР	44

<i>Д.М. Григорьев, Н.В. Лобов</i> Проект нагруженного стенда для исследования способов защиты электрооборудования автомобиля	48
<i>Е.А. Дрямин, Т.А. Белозёрова</i> Современные модификации пропарочных камер для внедрения на предприятиях производства железобетонных конструкций	52
<i>Ю.К. Жданова, А.О. Добрынин</i> Усиление слабых грунтов при строительстве автомобильных дорог с применением «железобетонных свай»	57
<i>В.В. Залесных</i> Реконструкция административного здания с надстройкой мансардного этажа	60
<i>О.С. Иванова, Н.В. Лобов</i> Экспериментальный способ определения КПД транспортного средства	63
<i>Д.Ф. Карякин, Д.А. Татьянников</i> Определение фильтрационных характеристик грунта в полевых условиях	67
<i>Н.А. Копытов, Д.В. Мальцев, Л.В. Янковский</i> Система контроля динамического габарита автомобиля	71
<i>Д.А. Краев, Т.А. Белозёрова</i> Исследование технологии адресной доставки бетона с целью модернизации технологической линии по производству бетонных изделий	75
<i>А.П. Курочкина, Д.А. Татьянников</i> К вопросу об улучшении физико-механических характеристик связного грунта путем внедрения добавки из стеклянного порошка	79
<i>Н.В. Машковцев</i> Реновация промплощадки завода «Велта»	83

<i>А.Д. Мерзлякова</i> Определение устойчивости склона, усиленного фибропеском, в программном комплексе PLAXIS 2D.....	88
<i>А.П. Миллер, К.Г. Пугин, Р.Ф. Шаихов</i> Метод технической диагностики гидроцилиндров	93
<i>Н.М. Мусихин, С.А. Пестриков</i> Анализ программного обеспечения для ценообразования запасных частей строительно-дорожной техники.....	97
<i>Е.А. Наугольных, А.М. Бургонудинов</i> Анализ существующей транспортной инфраструктуры в районе музея-заповедника «Хохловка»	102
<i>М.Н. Пенеляев, С.Н. Копытова, Н.В. Чмых</i> К вопросу повышения безопасности труда при производстве строительных материалов.....	106
<i>М.Ю. Петров, Н.В. Лобов</i> Проект электромотоцикла.....	110
<i>И.А. Подковыров, М.С. Казаков</i> Определение угла трения на контакте геотекстиля с грунтом при испытаниях на прямой сдвиг	115
<i>А.И. Попов, Н.В. Лобов</i> Результаты испытаний асинхронного двигателя для электромотоцикла мощностью 1,1 кВт	120
<i>А.А. Резникова, Я.В. Офрихтер</i> Перспективы применения больших языковых моделей для анализа строительных норм и правил.....	126
<i>Н.А. Решетников, Н.В. Лобов, М.А. Вахрушев</i> Результаты исследования тепловой напряженности асинхронного двигателя для электромотоцикла мощностью 1,1 кВт.....	131
<i>А.В. Рычков, С.В. Новиков</i> Технико-экономическое сравнение применения металлопластиковых труб РЕ-РТ 2 типа и труб из сшитого полиэтилена РЕ-Х в системах водоснабжения высотных зданий	135

<i>Д.А. Сальников, О.С. Иванова</i> Использование игрового симулятора автомобиля для определения коэффициента сцепления шин с дорогой.....	140
<i>В.А. Сачек, Д.А. Татьянников</i> Разработка мероприятий по поддержанию существующего технического состояния жилого дома.....	144
<i>Е.А. Сенокосов, Т.А. Белозёрова</i> Модернизация технологии «мокрого фасада» в целях сокращения трудоемкости процесса монтажа.....	148
<i>Н.С. Сергеева, А.Е. Семина</i> Ревитализация сквера имени юрия калачникова в городе Перми с использованием нейросетей	152
<i>Е.Д. Сидоров, М.Г. Бояришинов, Ю.А. Щукин</i> Особенности функционирования парковочного пространства ..	156
<i>М.П. Ситкина, С.А. Сазонова</i> Выбор метода усиления бутового фундамента.....	159
<i>Д.А. Скворцова, Е.Н. Акбулякова</i> Анализ нормативных значений механических характеристик элювиальных глинистых грунтов города Перми	163
<i>О.Н. Тархова</i> Организация территории общего пользования в Ленинском районе города Перми	167
Секция 6. Цифровизация, автоматизация и механизация	
<i>И.В. Адищев</i> Современные адсорбционные технологии в очистке водорода: классификация, факторы эффективности и перспективы развития.....	173
<i>Н.Н. Анашкин</i> База данных оборудования и материалов для проектирования ленточных транспортеров.....	177

<i>Л.А. Беспалюк, Н.П. Букалова</i> Моделирование процессов в инженерных системах внутреннего водоснабжения и канализации	181
<i>В.Р. Вершинина, М.А. Ромашкин</i> Проблематика выбора теплообменного аппарата для охлаждения газа жидкостью	185
<i>Г.В. Владыкин, Б.И. Стародубцев</i> Проблемы эксплуатации и обслуживания аппаратов воздушного охлаждения.....	189
<i>П.С. Галкин, А.М. Бургонутдинов</i> Примеры внедрения электронного документооборота при реализации объектов капитального строительства в Пермском крае.....	194
<i>А.И. Галышкин, Е.Р. Мошев</i> Разработка интерактивной модели справочника по свойствам веществ	197
<i>Д.П. Давыдов, Е.А. Гашев, К.Р. Муратов</i> Влияние технологических и кинематических параметров при финишной доводке прецизионных цилиндрических поверхностей методом обкатки	201
<i>О.Д. Зубов, М.С. Орехов</i> Реализация программного обеспечения управления процессами приема/запуска внутритрубного устройства для проведения дефектоскопии трубопровода методологией объектно-ориентированного программирования	205
<i>Д.А. Казанцев, М.А. Ромашкин</i> Повышение эффективности технологического процесса в реакторе гидрообессеривания	209
<i>Д.М. Казанцев, Е.Р. Мошев</i> Сравнительный анализ вариантов модернизации узла теплообмена для блока фракционирования установки гидрокрекинга ООО «ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез».....	213

<i>П.Ю. Калайда, Б.И. Стародубцев</i> Модернизация барабанной реакционной печи на производстве фтороводорода.....	218
<i>Д.А. Касимов, Н.Н. Анашкин</i> Разработка функциональной модели расчета вертикальных резервуаров.....	222
<i>К.В. Кощеева</i> Проектирование армогрунтовых подпорных стен в условиях автоматизации строительных процессов	226
<i>В.О. Красноперова, Б.И. Стародубцев</i> Исследование уплотнительных материалов из терморасширенного графита и паронита.....	230
<i>К.А. Курбатов</i> Модель прогнозной калькуляции требуемых материалов и объемов работ при проектировании защитных кожухов трубопроводов	235
<i>Е.С. Лесникова, Е.Р. Мошев</i> Применение рекуператоров для поглощения температуры дымовых газов	239
<i>Т.И. Малмыгина, И.Г. Ложкин</i> Внедрение наноматериалов в теплообменное оборудование для повышения эффективности	244
<i>А.С. Мельчаков, А.Г. Шумихин</i> Система мониторинга качества продукции в реальном времени, реализованная на отечественной веб-платформе IXYBERPLATFORM	248
<i>Ш.Э. Мехдиев, Б.И. Стародубцев</i> Износ уплотнений в пластинчатых теплообменных аппаратах.....	252
<i>Э.А. Михалев, М.А. Ромашкин</i> Фреймовая модель поршневого насоса	257

<i>А.Д. Порохин, Е.Р. Мошев</i> Разработка цифровой модели аппарата с магнитным перемешивающим устройством	261
<i>А.Н. Пузырева, С.Х. Загидуллин</i> Основные требования к проектированию стенда для испытаний трубопроводной арматуры при криогенных температурах	265
<i>Н.А. Рожков, Е.В. Шестаков</i> Модернизация аппаратов воздушного охлаждения. Современные подходы и методы	265
<i>И.В. Слабоденюк, Н.Н. Анашкин, А.В. Любимов</i> Разработка высокотемпературного блока энергетической установки на твердооксидных топливных элементах	273
<i>С.С. Федотов, С.И. Сташков</i> Адаптация моделей в системах улучшенного управления технологическими процессами	276
<i>А.П. Финагин, С.С. Власов, И.А. Вялых</i> Анализ системы типа KMS как системы управления	281
<i>Н.А. Чижов, Б.Г. Стафейчук</i> Определение ключевых параметров технологического процесса производства метил-трет-бутилового эфира алгоритма виртуального анализа качества	285
<i>С.Н. Чуголаева, С.Х. Загидуллин</i> Модернизация конструкции биологического реактора в производстве кормовых добавок для животных	289
<i>Д.А. Юрков, Д.А. Мустафина, С.В. Носов</i> Идентификация технологических ситуаций на основе матриц технологического процесса	293

Секция 5. УРБАНИСТИКА: ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО, ТРАНСПОРТ

УДК 727.1

С.Т. Бабаева

РЕКОНСТРУКЦИЯ ЗДАНИЯ ШКОЛЫ С ПРИСТРОЕМ СПОРТИВНОГО КОРПУСА

На сегодняшний день многие учебные заведения сталкиваются с проблемами, связанными не только с физическим, но и моральным устареванием. Для сохранения их работоспособности следует провести работы по их ремонту и реконструкции, для того чтобы удовлетворять современным стандартам и требованиям. В соответствии с интересами развития физической культуры среди населения был разработан проект реконструкции здания школы с учетом проведения мероприятий для маломобильной группы населения. Основной целью является создание безбарьерной среды, способствующей обучению и активному участию таких детей в учебном процессе. Описан перечень основных мероприятий, которые приняты для обеспечения в проектируемом пристраиваемом корпусе школы условий для маломобильной группы населения и детей с ограниченными возможностями здоровья.

Ключевые слова: школа, реконструкция, спортивные функции, маломобильная группа населения, доступная среда.

S.T. Babaeva

RECONSTRUCTION OF THE SCHOOL BUILDING WITH AN EXTENSION OF THE SPORTS BUILDING

Today, many educational institutions face problems related not only to physical but also moral obsolescence. In order to preserve their performance, it is necessary to carry out works on their repair and reconstruction, in order to meet modern standards and requirements. In accordance with the interests of the development of physical culture among the population, a project for the reconstruction of the school building has been developed, taking into account the activities for the low-mobility group of the population. The main goal is to create a barrier-free environment conducive to learning and active participation of such children in the educational process. The list

of main measures taken to ensure that the projected annex building of the school provides conditions for a low-mobility group of the population and children with disabilities is described.

Keywords: school, reconstruction, sports functions, low-mobility group, accessible environment.

В 2021 г. была утверждена государственная программа «Развитие физической культуры и спорта», стратегия которой является развитие физической культуры и спорта в Российской Федерации на период до 2030 г. [1]. Одно из приоритетных направлений программы – вовлечение детей и молодежи в регулярные занятия физической культурой и спортом.

Одним из важных аспектов реконструкции учебных заведений является создание комфортных условий для обучения маломобильной группы населения и создание безбарьерной среды.

С 2019 г. в России реализуется государственная программа «Доступная среда», направленная на улучшение качества жизни маломобильных групп населения [2]. Особое внимание уделяется детям с ограниченными возможностями здоровья путем создания необходимых условий для их полноценного интегрирования в образовательный процесс [3].

В целях выполнения этих программ был разработан проект реконструкции одной из школ. Так как в ней не хватало места для проведения спортивных занятий, было решено пристроить к зданию школы дополнительный спортзал.

Выделяют два вида реконструкции школьных зданий: внутреннюю и комплексную.

Внутренняя реконструкция – перепланировка внутри здания без изменения его строительного объема и внешнего вида с возможностью проведения капитального ремонта. Главным недостатком считается уменьшение вместимости объекта.

Комплексная реконструкция заключается в преобразовании школьного здания, в результате которого происходит изменение строительного объема здания путем надстройки, пристройки или уменьшения этажности.

К основным приемам реконструкции можно отнести строительство дополнительного корпуса, пристройку к существующему зданию, надстройку новых этажей, объединение с другими существующими зданиями для расширения общего объема здания школы [4].

Нормативная площадь всех помещений в образовательных организациях строго регламентирована и представлена в СП 251.1325800.2016. Так, например, количество и типы спортивных залов предусматриваются в зависимости от вида общеобразовательной организации и количества учащихся.

В рамках реконструкции было решено увеличить площадь помещений в школе для занятий физической культурой и спортивных секций путем пристроя двухэтажного корпуса с двумя спортивными залами и спортивными раздевалками. В основном корпусе учебного здания находится большой спортивный зал для основных спортивных мероприятий. В пристраиваемом планируется расположить малый спортивный зал для занятий физкультурой, а также мягкий зал для занятий в спортивно-оздоровительных секциях.

Для обеспечения безбарьерной среды учебное здание оснащается визуальной навигацией, позволяющей людям с нарушениями зрения ориентироваться в пространстве. Использование специальных рельефных направляющих ярких контрастных цветов значительно упростит процесс перемещения по зданию. Во входной группе проектируемого корпуса запроектирован пандус с углом наклона 1:20 и поручнями на высоте 70 и 90 см. Кроме того, в проекте заложены специализированные туалетные комнаты, оснащенные всем необходимым для комфортного пользования детьми на инвалидных колясках и с ОВЗ [5].

Описанные ранее мероприятия позволяют привести существующее учебное заведение к современным нормам и требованиям, а также обеспечить всестороннее развитие учащегося независимо от ограничений по возможностям здоровья.

Список литературы

1. Постановление Правительства РФ от 30.09.2021 № 1661 (ред. от 21.12.2024) «Об утверждении государственной программы

Российской Федерации «Развитие физической культуры и спорта» [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_397234/ (дата обращения: 10.02.2025).

2. Постановление Правительства РФ от 29.03.2019 № 363 (ред. от 14.12.2024) «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Доступная среда» [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_322085/ (дата обращения: 10.02.2025).

3. Королева К.Е. Приведение здания школы к нормативным требованиям для маломобильной группы населения // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. – 2023. – Т. 1. – С. 198–203.

4. Тургумбекова Э.З., Глазунова А.В. Строительство и реконструкция школ в городе Бишкек. // Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета. – 2020. – Т. 20, № 4. – С. 127–136.

5. Емцова Т.А., Мерциев А.А. Анализ проектных решений по реконструкции здания школы для маломобильных групп населения // Высокие технологии в строительном комплексе. – 2024. – № 1. – С. 126–131.

Об авторе

Бабаева Севиль Тахсиновна – магистрант кафедры строительного производства и геотехники, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: sbabaeva26@gmail.com

А.А. Бакарев, Л.В. Янковский, Б.А. Баранов

ПРОЕКТ КОВША АКТИВНОГО ДЕЙСТВИЯ ДЛЯ ОДНОКОВШОВОГО ЭКСКАВАТОРА

Модернизация ковша заключается в оснащении его стандартными тремя малогабаритными гидравлическими ударными элементами (гидромолот). Анализ данной конструкции, несмотря на множество положительных сторон, выявил ряд существенных недостатков. Первый – невозможность координации ударов трех ударников одновременно. Вторая – сложность самой конструкции и трудоемкость изготовления. Третья – высокая стоимость ковша, которая зависит от стоимости гидромолов. Поэтому необходимо продолжить исследования и разработать конструкцию, лишенную вышеуказанных недостатков.

Ключевые слова: ковш активного действия, малогабаритный гидромолот, одноковшовый экскаватор, мерзлый грунт, выемка грунта.

A.A. Bakarev, L.V. Yankovsky, B.A. Baranov

AN ACTIVE BUCKET DESIGN FOR A SINGLE-BUCKET EXCAVATOR

Modernization of the bucket consists in equipping it with standard three small-sized hydraulic impact elements (hydraulic hammers). The analysis of this design, despite many positive aspects, revealed a number of significant drawbacks. The first is the inability to coordinate the strokes of three drummers at the same time. The second is the complexity of the design itself and the complexity of manufacturing. The third is the high cost of the bucket, which depends on the cost of the water hammer elements. Therefore, it is necessary to continue research and develop a design devoid of the above disadvantages.

Keywords: bucket of active action, small-sized hydraulic hammer, single-bucket excavator, frozen soil, excavation of soil.

В настоящее время широко разрабатываются новые модели малогабаритных многоцелевых экскаваторов. Эти экскаваторы массово используются в условиях городской застройки, при этом применяется различное дополнительное рабочее оборудование. Разработка новых систем оборудования, объединяющих в себе несколько рабочих функций, является актуальным вопросом по модернизации

рабочего оборудования для малых экскаваторов. Особенно это интересно для прочных и мерзлых грунтов (в том числе и асфальтовых покрытий), которые разрабатываются путем снятия ковша и установки гидромолота [1, 2]. Поэтому давно были попытки совместить в ковше режущие и ударные функции, то есть разработать ковш с активными зубьями. На кафедре АТМ ПНИПУ было несколько разработок по этой теме [2]. Рассмотрим одну из них, которую разрабатывал магистр Б.А. Баранов под руководством преподавателя Л.В. Янковского.

В качестве основы для разработки был выбран ковш одного из самых распространенных российских экскаваторов – ЭО-2626-01 (рис. 1).

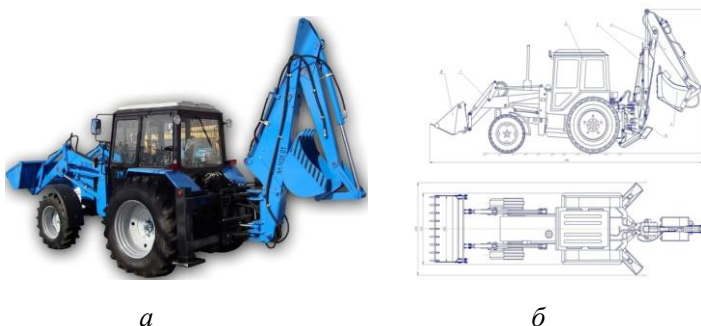


Рис. 1. Фото (а) и общий вид (б) ЭО-2626-01 с ковшом активного действия [3]

Были рассмотрены различные конструкции ковшей активного действия, количество которых, в свою очередь, говорит в пользу актуальности данной разработки [2]. На основе обзорно-исследовательской работы были отобраны наиболее перспективные варианты и намечено основное направление в разработке ковша активного действия. Модернизация ковша заключается в оснащении его стандартными тремя малогабаритными гидроударными элементами (гидромолотами). Преимуществом данного проекта является то, что в одном узле конструкции совмещено как землеройное (ковш экскаватора), так и

разрыхляющее породу (гидроمولоты), оборудование. Данное изобретение, впоследствии, позволит сократить время на переоборудование рабочих элементов при экскавации прочных грунтов. Разработана предварительная конструкция ковша активного действия, подобраны материалы и составлена 3D-компоновка (рис. 2).

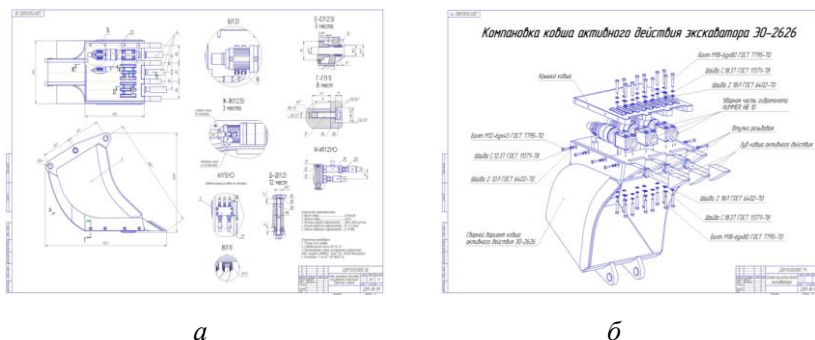


Рис. 2. Сборочный чертеж (а) и 3D-компоновка (б) ковша с тремя малогабаритными гидроударными элементами, встроенными параллельно с существующими зубьями

Важно, что большая часть известных ковшей активного действия требует большой технологической оснащенности предприятия, сложных станков и т.д. Данная же разработка позволяет изготовить рабочий ковш активного действия при наличии минимальной технологической базы, за счет использования покупных комплектующих изделий. В качестве привода ударных элементов используется существующая гидросистема базовой машины ЭО-2626-01.

Анализ данной конструкции, несмотря на многие положительные стороны, выявил все-таки ряд существенных недостатков. Первое – это невозможность согласования ударов трех гидравлических ударников в одно время. Второе – сложность самой конструкции и трудоемкость изготовления. Третье – высокая стоимость ковша, которая зависит от стоимости гидроударных элементов. Поэтому необходимо продолжить исследования и разработать конструкцию, лишенную вышеизложенных недостатков.

Список литературы

1. Баловнев В.И. Многоцелевые дорожно-строительные и технологические машины (определение параметров и выбор): учеб. пособие для вузов. – Омск; М.: Омский дом печати, 2006. – 319 с.
2. Белоногов Л.Б., Янковский Л.В. Машины и оборудование для разработки мерзлых грунтов: учеб. пособие. – 2 изд., доп. и перераб. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2007. – 165 с.
3. Экскаватор-погрузчик ЭО-2626 (на базе МТЗ) [Электронный ресурс]. – URL: <https://agrosnab74.ru/spec/spetsialnaya-i-kommunalnaya-tekhnika/ehkskavatory-pogruzchiki/ehkskavator-pogruzchik-eho-2626/> (дата обращения: 19.02.2025).

Об авторах

Бакарев Алексей Александрович – магистрант кафедры автомобилей и технологических машин, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: alex.bakarev@yandex.ru

Янковский Леонид Вацлавович – канд. техн. наук, доцент кафедры автомобилей и технологических машин, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: yanekperm@yandex.ru

Баранов Борис Александрович – магистр кафедры автомобилей и технологических машин, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: balabanov_stas@rambler.ru

В.Э. Бояршинов

ЛЕДОВЫЕ АРЕНЫ: АРХИТЕКТУРНАЯ ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ И СОВРЕМЕННЫХ ТЕНДЕНЦИЙ

Современное проектирование спортивных сооружений опирается на анализ накопленного исторического опыта. Прослеживается эволюция архитектуры ледовых арен от простых функциональных сооружений до современных multifunctional комплексов. История ледовых арен иллюстрирует комплексную взаимозависимость между технологическими инновациями, социальными факторами и архитектурными тенденциями в развитии спортивных объектов.

Ключевые слова: спортивные объекты, ледовая арена, архитектура ледовых арен, хоккей.

V.E. Boyarshinov

THE HISTORY OF THE DEVELOPMENT AND FORMATION OF ICE ARENAS

Modern design of sports facilities is based on the analysis of accumulated historical experience. The article traces the evolution of ice arena architecture from simple functional structures to modern multifunctional complexes. The history of ice arenas illustrates the complex interdependence between technological innovations, social factors and architectural trends in the development of sports facilities.

Keywords: sports facilities, ice arena, ice arena architecture, ice hockey.

В контексте глобальных тенденций развития сферы физической культуры и спорта строительство спортивных сооружений представляет собой динамично развивающийся сектор. В России в рамках национального проекта «Спорт – норма жизни», ориентированного на повышение уровня спортивной активности населения до 70 % к 2030 г., происходит масштабное развитие спортивной инфраструктуры, включая строительство ледовых арен и закупку необходимого оборудования [1].

Первые ледовые арены были далеки от современных аналогов. На начальном этапе развития ледовые арены ограничивались минимальными конструктивными решениями, необходимыми для создания ледовой поверхности. Отсутствие развитых технологий и

ограниченные ресурсы приводили к нехватке архитектурной выразительности, низкому качеству льда и недостаточной инфраструктуре для обеспечения комфорта зрителей. Примитивные холодильные технологии ограничивали возможности создания качественного и долговечного ледового покрытия.

Родоначальником ледовых арен России принято считать крытый каток, работающий круглый год, – «Дворец льда» в г. Санкт-Петербурге, открытие 30 декабря 1911 г., представлен на рис.1, *а*.

Самая первая ледовая арена появилась в Канаде в 1912 г. Братья Лестер и Джо (Френк) Патрик открыли в г. Виктории ледовую арену вместимостью 4000 человек [2]. Называлась она «Патрик Арена» и была построена из кирпича и дерева.

В середине XX – в конце XX в. с развитием современных холодильных систем произошел прорыв в создании надежных и качественных ледовых полей. Здания стали лучше изолированы, что позволяло поддерживать оптимальную температуру. Вместимость арен увеличилась, архитекторы начали уделять больше внимания проектированию трибун для обеспечения оптимального обзора. Однако дизайн оставался функциональным, без особых архитектурных изысков.

На рис. 1, *б*, представлен Дворец спорта «Лужники» – первая в России закрытая арена, построена 31 июля 1956 г. в г. Москве, вместимость 11 500 человек, площадь 64 тыс. м². Был снесен в 2023 г., на его месте планируют к 2027 г. построить ледовую арену вместимостью 12 000 человек [3].



а



б

Рис. 1. «Дворец льда» (*а*)¹, 1912 г.; Дворец спорта «Лужники» (*б*)²

¹ https://ru.wikipedia.org/wiki/Дворец_льда

² [https://ru.wikipedia.org/wiki/Лужники_\(дворец_спорта\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Лужники_(дворец_спорта))

Начиная с конца XX в., наблюдается тенденция к трансформации ледовых арен из специализированных спортивных сооружений в многофункциональные комплексы. Интеграция таких элементов, как рестораны, магазины, развлекательные центры и гостиничные помещения, превращает их в центры общественной активности. На рис. 2, *а–в*, представлены современные ледовые арены.

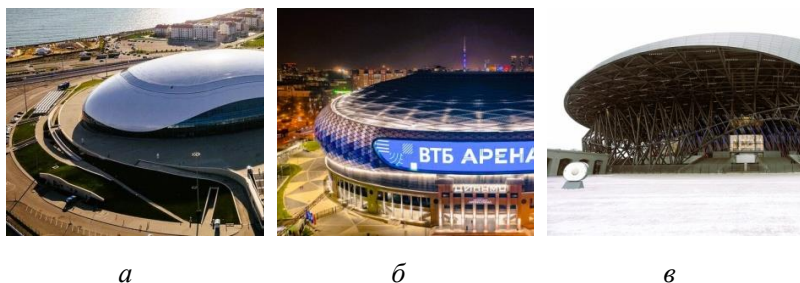


Рис. 2. Современные ледовые арены: *а* – ДС Большой³; *б* – ВТБ Арена⁴; *в* – СКА Арена⁵

Применение современных строительных материалов, таких как стекло и металл, обусловило значительное повышение разнообразия и выразительности архитектурных решений. Сопутствующее улучшение акустических и светотехнических характеристик повысило комфорт зрителей.

Современное проектирование ледовых арен характеризуется интеграцией нескольких ключевых тенденций. Во-первых, наблюдается возрастающая значимость экологических факторов, выражающаяся в применении возобновляемых источников энергии и энергоэффективных строительных материалов, а также в оптимизации энергопотребления посредством «умных» технологий управления инфраструктурой. Во-вторых, функциональная гибкость сооружений обеспечивается за счет использования модульных конструкций, позволяющих адаптировать арену для проведения различных меро-

³ <https://dzen.ru/a/ZaftnucgVR-qlkLo>

⁴ Там же.

⁵ Там же.

приятий, включая концерты, конференции и другие события. В-третьих, повышение качества зрительского комфорта достигается благодаря интеграции цифровых технологий, таких как системы больших экранов и дополненной реальности. Наконец, современная архитектура ледовых арен демонстрирует стремление к уникальности дизайна, отражающего специфику местного контекста и культурного наследия.

Строительство более 150 крытых ледовых арен в Российской Федерации с 2005 г. свидетельствует о приоритетном внимании со стороны федеральных и региональных властей, а также Федерации хоккея России к развитию отечественного хоккея и спортивной инфраструктуры. В настоящее время в России функционирует более 300 крытых ледовых арен и многофункциональных спортивных комплексов [4].

Список литературы

1. Усачева В.С. Национальный проект «Спорт – норма жизни» // Исследования молодых ученых: материалы XXI Междунар. науч. конф., Казань, 20–23 июня 2021 г. – Казань: Молодой ученый, 2021. – С. 66–70.

2. Галицкая Ю.И., Кузовкова А.А. Современные ледовые арены: проблемы и пути решения [Электронный ресурс]. – Минск: Изд. дом ГУУ, 2019. – 184 с. – URL: <https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/42530/SovremennyeledovyearenyProblemyiputiresheniya.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (дата обращения: 29.10.2024).

3. Дворец спорта [Электронный ресурс]. – М., 2020. – URL: <https://stoi.mos.ru/stadiony-moskvy/stadium-luzhniki/dvorec-sporta> (дата обращения: 30.11.2024).

4. Развитие юниорского и молодежного хоккея в России [Электронный ресурс] / И.А. Дякивич, Н.Ю. Мельникова, Н.С. Леонтьева [и др.]. – М.: Человек, 2017. – С. 101–108. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32277293> (дата обращения: 30.11.2024).

Об авторе

Бояршинов Владислав Эдуардович – студент строительного факультета гр. СТ-23-56, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: vladboyar2005@mail.ru

В.И. Брызгалов, М.О. Карпушко, А.М. Бургонутдинов

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА ПЛАТНЫХ ДОРОГ НА ПРИМЕРЕ ТРАССЫ М-12 «ВОСТОК»

Статья посвящена оценке эффективности строительства платных автомобильных дорог на примере трассы М-12 «Восток». В работе рассматриваются ключевые аспекты реализации проекта, включая экономические и социальные последствия. На основе анализа финансовой модели проекта производится оценка его рентабельности и влияния на транспортную инфраструктуру. Особое внимание уделено вопросам окупаемости инвестиций. На основе проведенного исследования делаются выводы о целесообразности строительства платных магистралей в России.

Ключевые слова: платные дороги, экономическая эффективность, трасса М-12 «Восток».

V.I. Bryzgalov, M.O. Karpushko, A.M. Burgonutdinov

EVALUATION OF TOLL ROAD CONSTRUCTION EFFICIENCY ON THE EXAMPLE OF THE M-12 "VOSTOK" HIGHWAY

The article is devoted to assessing the effectiveness of toll road construction on the example of the M-12 "Vostok" highway. The paper considers the key aspects of the project implementation, including economic and social consequences. Based on the analysis of the financial model of the project, its profitability and impact on the transport infrastructure are assessed. Special attention is paid to the issues of return on investment. On the basis of the study, conclusions are drawn about the feasibility of toll highways construction in Russia.

Keywords: toll roads, economic efficiency, M-12 "Vostok" highway.

Для развития скоростных дорог Правительством Российской Федерации было утверждено распоряжение от 25 декабря 2023 г. № 3907-р о пятилетнем плане дорожной деятельности на 2024–2028 гг. В рамках данного распоряжения планируется развитие транспортного коридора «Север – Юг», который включает строительство магистральной трассы М-12 «Восток» и реализацию обходов Махачкалы, Дербента, Астрахани Хасавюрта. Для ввода в

эксплуатацию дорог более 2,1 тыс. км выделено свыше 14 трлн руб. из федерального бюджета [1]. Строительство автомобильной дороги М-12 «Восток» позволит сократить время в пути до 8 часов, увеличить прирост внутреннего регионального продукта в зонах прохождения трассы.

Трасса М-12 «Восток» не только улучшает транспортную связность между Москвой и восточными регионами России, но и способствует развитию международных транспортных коридоров. Дорога является частью трансконтинентальных маршрутов, связывающих Европу и Азию, что повышает ее стратегическое значение. Это открывает новые возможности для развития экспортно-импортных операций, особенно в условиях роста торговли между странами Евразийского экономического союза (ЕАЭС) и Китаем.

Помимо прямых доходов от платного проезда и сокращения времени передвижения, трасса М-12 «Восток» способствует развитию смежных отраслей экономики. Улучшение транспортной инфраструктуры стимулирует рост транспортных компаний, которые могут оптимизировать свои маршруты и сократить издержки на транспортировку грузов. Это, в свою очередь, положительно сказывается на конкурентоспособности региональных производителей, которые получают доступ к новым рынкам сбыта.

Кроме того, строительство платной магистрали создает мультипликативный эффект в экономике. За счет привлечения крупных инвестиций в регионы, через которые проходит трасса, активизируется строительная отрасль, развивается сфера услуг и увеличивается занятость населения [2].

Положительное влияние трасса М-12 «Восток» также скажется на развитии туризма. Улучшение транспортной доступности сделает более привлекательными для посещения исторические и культурные центры, такие как Владимир, Суздаль и Казань, что будет способствовать росту числа туристов и развитию сферы услуг (гостиницы, рестораны).

Согласно отраслевому дорожному методическому документу «Методика расчета размера платы за проезд по платным автомо-

бильным дорогам и дорожным объектам. Порядок ее взимания и пересмотра. Определение потребительского спроса», экономическую оценку эффективности для водителя можно выразить [3]:

$$\Xi = \Xi_1 + \Xi_2 + \Xi_3 + \Xi_4, \quad (1)$$

где Ξ_1 — получаемая экономия при использовании платной дороги от эксплуатации транспортного средства по сравнению с бесплатной дорогой; Ξ_2 — получаемая экономия от уменьшения времени доставки грузов; Ξ_3 — получаемая экономия от уменьшения времени нахождения в пути; Ξ_4 — получаемая экономия от уменьшения возникновения ДТП.

Полученные результаты представлены в таблице.

Результаты суммарных выгод
при использовании трассы М-12 «Восток»

Группа транспортных средств	Экономия затрат на эксплуатацию т/с, руб.	Экономия от ускорения доставки грузов, руб.	Экономия времени, руб.	Экономия от снижения ДТП	Суммарная выгода, руб.
I	1916,00	5,86	4008,24	6,11	5936,21
II	2395,00	8,53	—	6,11	2409,65
III	3832,00	11,61	—	6,12	3849,73
IV	6227,00	11,61	7941,48	6,20	14186,29

Интенсивность транспортных средств может отличаться в зависимости от строительства и реконструкций дорожно-транспортной сети, от появления платных автомобильных дорог и от градостроительного и социально-экономического развития прилегающих населенных пунктов. Все эти показатели могут оказывать влияние на изменения числа поездок между городами, места назначения и длины маршрута, состава транспортного потока, выбора маршрута движения.

По полученной экономической оценке эффективности можно сделать вывод, что средний годовой доход от платного участка трассы М-12 «Восток» от Казани до Екатеринбурга в 2025 г. может

составить 4346,32 млн руб. По прогнозам, в 2045 г. средний доход должен составить порядка 8878,39 млн руб., а затраты на строительство окупиться через 20 лет.

Трасса М-12 «Восток» является важным инфраструктурным проектом, который демонстрирует высокий потенциал экономической, социальной и экологической эффективности. Однако для полной реализации этого потенциала необходимо учитывать мнение населения, внедрять современные технологии и минимизировать негативное воздействие на окружающую среду. Опыт строительства М-12 может стать основой для развития сети платных дорог в России, способствуя устойчивому развитию регионов и улучшению качества жизни граждан [4, 5].

Список литературы

1. Аналитический центр при правительстве Российской Федерации [Электронный ресурс]. – URL: <https://ac.gov.ru/news/page/rassiren-patiletnij-plan-doroznogo-stroitelstva-27689> (дата обращения: 10.02.2025).
2. Министерство транспорта Российской Федерации [Электронный ресурс]. – URL: <https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10989> (дата обращения: 10.02.2025).
3. Брызгалов В.И., Карпушко М.О. Анализ эффективности развития сети платных автомобильных дорог на территории Пермского края // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – 2020. – С. 23–36.
4. Брызгалов В.И., Карпушко М.О., Бургонутдинов А.М. Формирование тарифов по платной автомобильной дороге // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – 2023. – С. 62–73.
5. Брызгалов В.И., Карпушко М.О., Бургонутдинов А.М. Прогноз интенсивности движения на платной автомобильной дороге М-12 «Восток» // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. – 2024. – С. 106–109.

Об авторах

Брызгалов Владислав Игоревич – аспирант кафедры автомобильных дорог и мостов, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: vladislavbryzgalov@mail.ru

Карпушко Марина Олеговна – канд. техн. наук, доцент кафедры автомобильных дорог и мостов, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: mkarpushko@gmail.com

Бургонутдинов Альберт Масугутович – д-р техн. наук, профессор кафедры автомобильных дорог и мостов, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: burgonutdinov.albert@yandex.ru

М.А. Вахрушев, Е.М. Генсон, Л.В. Янковский

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ДЛЯ ЦЕМЕНТИРОВОЧНОГО АГРЕГАТА

Процесс приготовления тампонажного раствора для осуществления буровых работ и последующего цементирования скважины занимает продолжительное количество времени ввиду отсутствия автоматизации процесса. Решение этого вопроса предлагается решить путем модернизации цементировочного агрегата. Это достигается за счет автоматизации процессов цементирования. По написанным алгоритмам была составлена принципиальная схема работы задвижек и заслонок с нумерацией для двухнасосного цементировочного агрегата. Преимущества алгоритмов заключается в их применимости для написания программного продукта для логистического контроллера. Результаты исследования использовались при проектировании смесительной головы агрегата смешивания для приготовления тампонажного раствора.

Ключевые слова: цементирование скважин, цементировочный агрегат, смесительная голова, тампонажный раствор, буровая машина.

M.A. Vakhrushev, E.M. Genson, L.V. Yankovsky

DEVELOPMENT OF ALGORITHMS FOR THE CEMENTING UNIT

The process of preparing grouting mortar for drilling and subsequent well cementing takes a long time, due to the lack of automation of the process. The solution to this issue is proposed to be solved by upgrading the cementing unit. This is achieved by automating the cementing processes. According to the written algorithms, a schematic diagram of the operation of valves and dampers with numbering for a two-pump cementing unit was compiled. The advantages of algorithms are their applicability for writing a software product for a logistics controller. The results of the study were used in the design of the mixing head of the mixing unit for the preparation of grouting solution.

Keywords: well cementing, cementing unit, mixing head, grouting mortar, drilling machine.

Процесс приготовления тампонажного раствора для осуществления буровых работ и последующего цементирования скважины зани-

мает продолжительное количество времени ввиду отсутствия автоматизации процесса [1, 2]. Предприятие АО «ПЗГТ» планирует осуществлять модернизацию и восстановление цементировочных агрегатов, участвующих в бурении и цементировании скважин (рис. 1). Модернизация достигается за счет автоматизации процессов цементирования [3]. Ввиду этого проблема по разработке алгоритмов работы цементировочного агрегата (ЦА) является актуальной.

Для корректного осуществления процесса приготовления тампонажного раствора и в последующем цементирования скважин необходимо разработать программу, благодаря которой будут выполняться процессы по приготовлению раствора и цементированию грамотно. Ввиду этого необходимо выбрать логистический контроллер и разработать алгоритмы работы, которые будут занесены программистом в виде кода в контроллер.

В алгоритмах описывается процесс закачки воды в мерный бак и последующая подача в смесительную голову для приготовления тампонажного раствора. Также приведен процесс смешивания цемента и воды для приготовления тампонажного раствора необходимой консистенции и плотности. И в заключение представлен алгоритм работы для закачки приготовленного тампонажного раствора с необходимыми характеристиками в скважину. К написанным алгоритмам была составлена принципиальная схема работы задвижек и заслонок с нумерацией для двухнасосного ЦА.

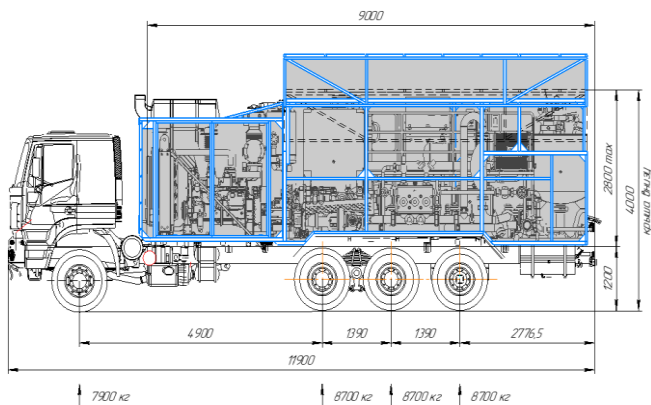


Рис. 1. Общий вид цементировочного агрегата

На рис. 2 описывается процесс заправки воды в мерный бак и последующая подача в смесительную головку для приготовления тампонажного раствора. Это самый первый и начальный этап, именно с него начинается процесс приготовления тампонажного раствора.

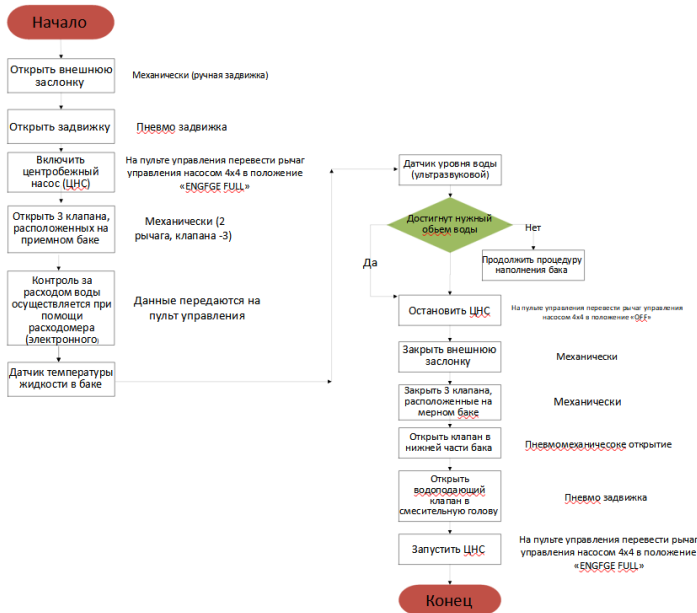


Рис. 2. Алгоритм работы цементировочного агрегата: заправка воды в мерный бак и подача в смесительную головку

Кроме этого, были разработаны алгоритмы для процесса смешивания цемента и воды для приготовления тампонажного раствора необходимой консистенции и плотности, а также алгоритм работы цементировочного агрегата для заправки приготовленного тампонажного раствора с необходимыми характеристиками в скважину.

По написанным алгоритмам была составлена принципиальная схема работы задвижек и заслонок с нумерацией для двухнасосного цементировочного агрегата. Преимущества алгоритмов заключается в их

применимости для написания программного продукта для логистического контроллера. Результаты исследования использовались при проектировании смесительной головы агрегата смешивания УНБС2 на шасси АМТ 8×8 для приготовления тампонажного раствора.

Список литературы

1. Современные технологии повышения качества крепления обсадных колонн нефтегазовых скважин на поздней стадии эксплуатации нефтяных площадей Ромашкинского месторождения / В.А. Таипова, Г.Н. Филиди, Ю.А. Гуторов, Л.Г. Рахмаев // Нефтяная провинция. – 2019. – № 3 (19). – С. 156–168.
2. Модернизация специализированного автомобиля для цементирования скважин на базе шасси АМТ 8X8 / М.А. Вахрушев, Е.М. Генсон, О.Н. Мехонин, А.М. Тунгусков, Э.И. Посохина, С.Л. Денщиков // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – 2023. – № 4. – С. 81–88.
3. Быков, П.В., Абу-Абед Ф.Н. Адаптивная система управления плотностью цементного раствора в смесительных установках для тампонажных работ // Каротажник. – 2016. – № 8 (266). – С. 85–97.

Об авторах

Вахрушев Матвей Александрович – магистрант кафедры автомобилей и технологических машин, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: vaxrushev.m@list.ru

Генсон Евгений Михайлович – канд. техн. наук, доцент кафедры автомобилей и технологических машин, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: genson@pstu.ru

Янковский Леонид Вацлавович – канд. техн. наук, доцент кафедры автомобилей и технологических машин, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: yaneperm@yandex.ru

А.А. Воронина, Е.Н. Акбулякова

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ КАЛИБРОВКИ ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛИ SOFT SOIL

Рассмотрена калибровка параметров грунта в программном комплексе Midas с помощью инструмента Soil Test. Целью данного исследования являлась калибровка значений параметров мягкопластичных и текучепластичных глинистых грунтов. Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи: разработана методика испытаний; выполнена калибровка параметров модели грунта Soft Soil в программном комплексе Midas GTS NX; сформулированы выводы по результатам исследования. Статья представляет интерес для специалистов, проводящих расчеты в программных комплексах.

Ключевые слова: модель Soft Soil, программный комплекс Midas GTS NX, метод конечных элементов, калибровка параметров грунта, глина, суглинок.

A.A. Voronina, E.N. Akbulyakova

ANALYSIS OF THE RESULTS OF CALIBRATION OF THE PARAMETERS OF THE SOFT SOIL MODEL

The article reviewed the calibration of soil parameters in the Midas software package using the Soil Test tool. The purpose of this study was to calibrate the parameter values of soft-plastic and flow-plastic clay soils. To achieve this goal, the following tasks were solved: a test methodology was developed; the parameters of the Soft Soil soil model were calibrated in the Midas GTS NX software package; conclusions were formulated based on the results of the study. The article is of interest for specialists performing calculations in software packages.

Keywords: Soft Soil model, Midas GTS NX software package, finite element method, calibration of soil parameters, clay, loam.

В настоящее время расчеты в геотехнических программных комплексах широко применяются для прогноза напряженно-деформированного состояния основания фундамента. При создании расчетной модели в программных комплексах задаются значения параметров грунта, полученные при инженерно-геологических изысканиях [1]. Для достоверного расчета с применением моделей в

программных комплексах необходимо дополнительно проводить калибровку параметров в модуле Soil Test, который есть в большинстве современных геотехнических комплексах [1–3]. Калибровка параметров модели грунта – это процесс, при котором данные, полученные в результате инженерно-геологических изысканий, и данные, полученные из виртуального испытания в расчетной программе, сопоставляются и уточняются. Это приближает результаты расчета с моделью грунта к реальному состоянию грунта на строительной площадке. Целью данного исследования являлась калибровка значений параметров мягкопластичных и текучепластичных глинистых грунтов. Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- 1) разработать методику испытаний и определиться с подходящей моделью грунта;
- 2) выполнить калибровку параметров выбранной модели грунта в программном комплексе Midas GTS NX;
- 3) сформулировать выводы по результатам исследования.

Для исследования были выбраны водонасыщенные глинистые грунты – глина мягкопластичная и текучепластичная, суглинок мягкопластичный и текучепластичный, отобранные на строительных площадках в г. Перми. Для описания поведения таких грунтов в программных комплексах широко используется модель Soft Soil. Для калибровки модели Soft Soil требуется небольшой объем испытаний, включающих в себя компрессионные (одеметрические) испытания грунта в лаборатории согласно ГОСТ 122458.4-2020, а также определение удельного веса грунта, удельного сцепления и угла внутреннего трения. По результатам испытаний в одометре была получена компрессионная кривая, представляющая из себя график зависимости коэффициента пористости и давления, приложенного на испытываемый образец грунта, были рассчитаны коэффициенты компрессии и рекомпрессии, модуль упругости грунта.

Далее были построены графики зависимости относительной вертикальной деформации от действующего давления для всех перечисленных типов грунтов с помощью инструмента Soil Test в программном комплексе Midas GTS NX и графики на основе экспериментальных лабораторных испытаний. Графики сопоставлялись, и

корректировались коэффициенты компрессии для того, чтобы добиться как можно большей сходимости графиков лабораторного и виртуального испытаний. В результате эксперимента были получены графики, представленные ниже (рис. 1, 2), и коэффициенты компрессии, при которых получено наибольшее сходжение, представленные в таблице.



Рис. 1. Зависимость относительной вертикальной деформации от давления для суглинка мягкопластичного



Рис. 2. Зависимость относительной вертикальной деформации от давления для суглинка текучепластичного

Значения коэффициентов компрессии для модели Soft Soil

Тип грунта	Коэффициент компрессии до калибровки	Коэффициент компрессии после калибровки
Глина мякопластичная	0,039	0,040
Глина текучепластичная	0,054	0,046
Суглинок мякопластичный	0,020	0,026
Суглинок текучепластичный	0,021	0,030

Анализ таблицы показал, что различие в значениях коэффициентов компрессии для модели Soft Soil для исследуемых грунтов достигало 42,9 %, что является значимым расхождением. На основании выполненного исследования можно сделать вывод, что предварительная калибровка параметров модели грунта является необходимым условием для прогноза напряженно-деформированного состояния грунта численными методами в программных комплексах. Значения вводимых параметров оказывают значительное влияние на итоговый результат расчетов и принимаемые впоследствии инженерные решения. Поэтому калибровка параметров модели грунта в программном комплексе поможет принять наиболее рациональное решение или избежать аварийной ситуации.

Список литературы

1. Мельников Р.В. Компрессионные испытания грунта как способ определения параметров модели Hardening Soil // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2014. – № 4. – С. 90–94.
2. Строкова Л.А. Калибровка параметров упругости упруго-пластической модели путем моделирования лабораторных испытаний // Томский политехнический университет. Направление: Технология и техника геологоразведочных работ. – 2009. – С. 87–92.

3. Борцов Д.А., Мирный А.Ю. Калибровка параметров нелинейных моделей грунтов при описании механического поведения юрских глин // Геотехника. – 2022. – Т. 14, № 1. – С. 16–29.

Об авторах

Воронина Анастасия Алексеевна – студентка кафедры строительного производства и геотехники, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: nastv03@gmail.com

Акбулякова Евгения Николаевна – канд. техн. наук, доцент кафедры строительного производства и геотехники, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: aspirant123@mail.ru

Д.А. Гашев, О.С. Иванова

ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ МОДЕЛИ БОЛИДА НА ВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

Проведен анализ устройства, принципа работы и особенностей эксплуатации модели болида на водородных топливных элементах Turing Tamiya, представлены результаты сравнительного анализа эксплуатационных характеристик автомобиля в начале эксплуатации и на текущий момент.

Ключевые слова: модель автомобиля, водородные топливные элементы, эксплуатационные характеристики.

D.A. Gashev, O.S. Ivanova

MAINTENANCE OPERATING A MODEL OF A HYDROGEN FUEL CELLS POWERED BOLIDE

The paper analyzes the device, principle of operation and operation peculiarities of the hydrogen fuel cell car model Turing Tamiya, presents the results of comparative analysis of the car maintenance characteristics at the beginning of operation and at the present moment.

Keywords: vehicle model, hydrogen fuel cells, maintenance characteristics.

Стремительное развитие научно-технического прогресса способствует увеличению разработок в области автомобильного транспорта в том числе. Появляются новые модели автомобилей инновационной конструкции. На территорию РФ они попадают в единичном экземпляре и потому представляют собой уникальные опытно-конструкторские разработки, опыт эксплуатации которых малоизучен и сложен ввиду ограниченности их количества и доступа к ним.

Данная статья посвящена исследованию устройства, принципа работы и опыта эксплуатации модели автомобиля инновационной конструкции – автомобиля на водородных топливных элементах (ВТЭ), представленного на рисунке.

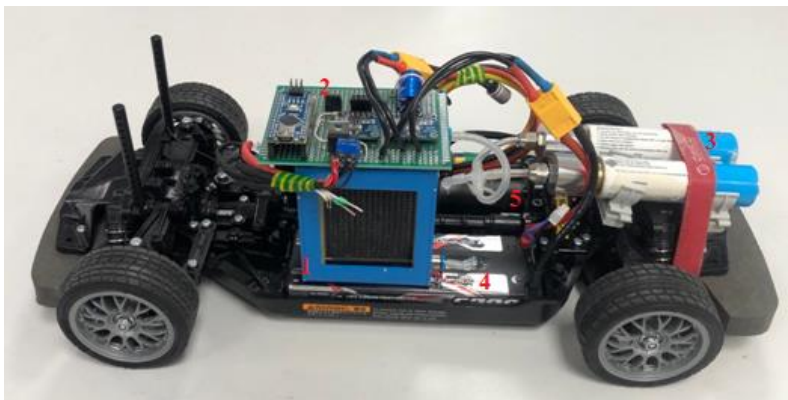


Рис. Модель болида на ВТЭ Turing Tamiya: 1 – блок ВТЭ;
2 – плата управления энергосиловой установки;
3 – металлгидридные картриджи; 4 – аккумуляторная батарея;
5 – электродвигатель [1]

Хранение водорода на борту автомобиля осуществлялось в металлгидридных картриджах Hydrostik PRO 3 емкостью 10 л и габаритными размерами 8,5 см. Изучив виды систем, применяемых для хранения водорода [2], установлено, что металлгидридная форма является оптимальной для применения на модели болида, так как является системой низкого давления (до 10 бар), поскольку водород находится в химически-связанном состоянии, а не газообразном.

Для заправки картриджей очищенным до 99 % водородом использовался генератор водорода SPE-300 максимальной производительностью 300 мл/мин и выходным давлением до 10 бар. В основе работы генератора водорода лежит электролиз – процесс высвобождения молекул водорода и кислорода из дистиллированной воды.

В выходном канале металлгидридного картриджа установлен понижающий давление редуктор, который снижает давление водорода, подаваемого на анодную сторону ВТЭ 1, до 0,4 бар.

В результате электрохимической реакции преобразования молекул водорода и кислорода, лежащей в основе работы блока ВТЭ 1, генерируется электрическая энергия постоянного тока. Полученная

электроэнергия поступает на электродвигатель 5 после необходимых преобразований в энергию переменного тока.

Электроэнергии, генерируемой блоком ВТЭ, недостаточно для быстрого запуска модели автомобиля, поэтому в устройстве болида имеется аккумуляторная батарея (АКБ). Назначение АКБ в этом случае заключается в дополнительном питании энергопотребителей и компенсации просадки напряжения на выходе блока ВТЭ [3].

Для регистрации электрических параметров, таких как сила тока и напряжение, на выходе блока ВТЭ и на входе электродвигателя, использовалась плата управления 2, запрограммированная в среде Arduino.

Электроэнергия, поступившая на обмотки статора электродвигателя, приводит во вращательное движение вал двигателя для дальнейшей передачи крутящего момента на колеса автомобиля через элементы трансмиссии.

Исследование эксплуатационных характеристик модели болида Turing Tamiya в течение полугода позволило зарегистрировать следующие значения, представленные в таблице. За время проведения исследования запуск блока ВТЭ производился шесть раз (по три раза на начало и окончание периода эксплуатации). Все остальное время ВТЭ находился в простое.

Результаты измерения эксплуатационных характеристик автомобиля

№ п/п	Эксплуатационная характеристика	Значение 1	Значение 2	Динамика, %
1	Средняя мощность блока ВТЭ, Вт	11,0	3,5	−0,68
2	Длительность работы энергоустановки, с	550	300	−0,45

Измерения производились с помощью специализированного оборудования на стенде с беговыми барабанами, результаты эксперимента выводились на монитор компьютера.

Средняя мощность блока ВТЭ – это среднее арифметическое значение мощности, генерируемой блоком ВТЭ с момента выхода на

стабильный режим работы и до окончания водорода в системе, то есть до остановки автомобиля. Длительность работы установки оценивалась в интервале от запуска электродвигателя до его полной остановки.

Таким образом, установлено, что опыт полугодовой эксплуатации показал, что простой автомобиля негативно сказался на вырабатываемой блоком ВТЭ мощности, наблюдается снижение на 68 %; проведя анализ отечественной и зарубежной литературы, мы установили предполагаемую причину снижения мощности – неисправность протонообменной мембраны блока ВТЭ как самого чувствительного ее элемента.

Список литературы

1. Лобов Н.В., Иванова О.С., Фархуллин Д.А. Экспериментальное исследование модели транспортного средства с силовой установкой на водородных топливных элементах // Мир транспорта и технологических машин. – 2023. – № 3. – С. 116–122.

2. Методы хранения водорода и возможности использования металлгидридов / Б.П. Тарасов, В.В. Бурнашаева, М.В. Лотоцкий, В.А. Яртысь // International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology. – 2005. – № 12 (32). – С. 14–37.

3. Лобов Н.В., Иванова О.С., Фархуллин Д.А. Исследование совместной работы аккумуляторной батареи и водородного топливного элемента на модели транспортного средства // Безопасность колесных транспортных средств в условиях эксплуатации: материалы 116-ой науч.-техн. конф., 12–15 сентября 2023 г. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГУТУ, 2023. – С. 13–17.

Об авторах

Гашев Дмитрий Анатольевич – студент гр. АТМ-24-16 кафедры автомобилей и технологических машин, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: dmitrii.gashev@yandex.ru

Иванова Ольга Сергеевна – ассистент кафедры автомобилей и технологических машин, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: ov4549725@gmail.com

Я.И. Глухов, В.П. Дунец, Н.В. Чмых

**РОБОТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ:
РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ДЕФИЦИТА КАДРОВ И ПОВЫШЕНИЕ
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ**

Статья посвящена исследованию роботизации как ключевого фактора повышения производительности в отрасли строительных материалов. Рассмотрены основные преимущества внедрения роботизированных систем. Особое внимание уделено функциональным возможностям роботов, таким как обработка материалов, формовка, сборка и контроль качества. В выводах отмечено, что роботизация позволяет компенсировать дефицит кадров, повысить конкурентоспособность производства и обеспечить устойчивое развитие отрасли.

Ключевые слова: роботизация, производство строительных материалов, производительность труда.

Ya.I. Glukhov, V.P. Dunets, N.V. Chmykh

**ROBOTIZATION OF BUILDING MATERIALS PRODUCTION:
SOLVING THE PROBLEM OF STAFF SHORTAGE
AND INCREASING PRODUCTIVITY**

The article is devoted to the study of robotization as a key factor in increasing productivity in the construction materials industry. The main advantages of implementing robotic systems are considered. Special attention is paid to the functional capabilities of robots, such as material processing, molding, assembly and quality control. The conclusion notes that robotization makes it possible to compensate for the shortage of personnel, increase the competitiveness of production and ensure sustainable development of the industry.

Keywords: robotization, production of construction materials, labor productivity.

Отрасль строительных материалов является одним из ключевых секторов экономики, которая обеспечивает необходимыми ресурсами строительство жилых и коммерческих объектов, дорог, мостов и других инфраструктурных проектов. Повышение производительности позволяет ускорить темпы строительства и обеспечить

эффективное использование ресурсов. Увеличение производительности способствует снижению затрат на производство строительных материалов, что приводит к уменьшению стоимости строительства [1]. Однако в условиях дефицита кадровых ресурсов необходимо повышать производительность за счет других методов, например, за счет роботизации предприятий.

Роботизация как способ автоматизации производства строительных материалов представляет собой внедрение роботизированных систем и технологий для выполнения задач, которые выполнялись вручную или с использованием полуавтоматического оборудования. Этот подход имеет ряд следующих преимуществ [2]:

- снижение затрат – благодаря роботизации производства сокращаются расходы на оплату труда, снижается вероятность ошибок и уменьшается количество отходов;

- улучшение качества продукции – роботы обеспечивают высокую точность и стабильность производственных процессов;

- повышение безопасности на предприятии – достигается за счет автоматизации опасных процессов, снижения физической нагрузки работников и улучшения эргономики. Роботизированные системы могут быть оснащены датчиками и алгоритмами, которые предотвращают возникновение аварийных ситуаций и обеспечивают безопасность работников;

- гибкость – современные роботизированные системы можно перенастроить под другие задачи.

Наряду с преимуществами, следует рассмотреть недостатки данного метода: требует значительных инвестиций в производство на начальном этапе внедрения, для обслуживания и программирования роботов необходимы высококлассные специалисты [3].

Рассмотрим функциональные возможности роботов, которые возможно использовать в производстве строительных материалов и примеры их применения:

- обработка материалов – автоматизированная шлифовка и полировка металлоконструкций;

- формовка и прессование – автоматизированные линии производства кирпича или плитки, а также роботизированные прессы для производства бетонных плит;

- сборка – автоматизированные системы сборки конструкций;

– контроль качества – автоматическая проверка геометрических размеров строительной продукции.

Помимо этих возможностей, можно отметить транспортировку, покраску, 3D-печать, сварку, упаковку и маркировку.

Выбор оптимального робота для строительного производства зависит от конкретных задач и условий. Не существует универсального решения, поэтому важно тщательно анализировать потребности производства и выбирать робота, который наилучшим образом соответствует этим требованиям. Роботизация может быть внедрена как на всей производственной линии, так и на отдельных ее участках, что позволяет постепенно модернизировать производство и минимизировать риски. Необходимо тщательно взвесить все критерии оценки, учитывая как технические возможности робота, так и экономические и организационные аспекты его внедрения. Основные этапы роботизации производства строительных материалов: анализ производственных процессов; выбор оборудования; интеграция, которая включает установку и настройку оборудования, а также обучение персонала; проверка работоспособности системы и корректировка процессов при необходимости; мониторинг и оптимизация системы.

Годовой экономический эффект $\mathcal{E}$ от внедрения роботов в производстве строительных материалов можно определить путем сопоставления приведенных затрат при использовании роботизированного оборудования и без него [4]:

$$\mathcal{E} = (Z_1 - Z_2) - (C_1 + E_n \cdot K_1) - (C_2 + E_n \cdot K_2), \quad (1)$$

где Z_1, Z_2, C_1, C_2 – приведенные затраты и себестоимость работ в год без роботизации и при использовании новой техники; K_1, K_2 – капитальные вложения без роботизации и при использовании новой техники; E_n – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений.

Следует отметить, что при оценке экономической эффективности необходимо учитывать величину издержек на содержание и эксплуатацию роботизированного оборудования.

Роботизация позволяет компенсировать дефицит кадров за счет автоматизации процессов, повышения скорости и качества производства, а также снижения зависимости от человеческого фактора. Это не только увеличивает производительность труда, но и делает

производство строительных материалов более конкурентоспособным и устойчивым в долгосрочной перспективе. Таким образом, роботизация производства строительных материалов способствует значительному повышению производительности труда, снижению затрат на производство и улучшению качества конечной продукции.

Дальнейшем направлением исследований авторов является сравнение экономических показателей на предприятии по производству бетонных изделий до и после роботизации.

Список литературы

1. Организационно-технологическое решение автоматизации процессов производства железобетонных изделий и конструкций / М.А. Фахратов, П.П. Олейник, В.В. Ефимов, О.Г. Куренков // Инженерный вестник Дона. – 2019. – № 5 (56). – С. 52.

2. straitsresearch [Электронный ресурс]. – URL: <https://straitsresearch.com/report/construction-robotics-market> (дата обращения: 18.02.2025).

3. Коломыца В.А., Сергеев М.Р. Роботизация строительной отрасли // Мелиорация и водное хозяйство: материалы Всерос. науч.-практ. конф., посвященной 110-летию первого выпуска инженеров-мелиораторов в России, Новочеркасск, 01–03 ноября 2023 г. – Новочеркасск: Лик, 2023. – С. 345–349.

4. Булгаков А.Г., Воробьев В.А. Промышленные роботы. Кинематика, динамика, контроль и управление. – М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2011. – 486 с.

Об авторах

Глухов Ярослав Игоревич – студент строительного факультета гр. СТ-23-86, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: glukhov.yar74@gmail.com

Дунец Владислав Павлович – студент строительного факультета гр. СТ-23-86, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: vladislav.dunets@mail.ru

Чмых Никита Вячеславович – ассистент кафедры строительного инжиниринга и материаловедения, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: chmyhnikita@gmail.com

Н.А. Грачев, А.О. Добрынин

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ВОДОПРОПУСКНЫХ ТРУБ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ САПР

Железобетонные водопропускные трубы являются важным элементом инженерных сооружений, используемых для пропуска воды под дорогами, железными дорогами и другими препятствиями. Они обеспечивают безопасный и эффективный отвод воды, предотвращая затопление и размыв грунта. Рассматривается процесс проектирования железобетонных водопропускных труб с использованием систем автоматизированного проектирования.

Ключевые слова: железобетонная водопропускная труба, строительство, проектирование, водоотвод.

N.A. Grachev, A.O. Dobrynin

DESIGNING REINFORCED CONCRETE CULVERTS USING CAD

Reinforced concrete culverts are an important element of engineering structures used to pass water under roads, railways, and other obstacles. They ensure safe and efficient drainage of water, preventing flooding and soil erosion. This article discusses the process of designing reinforced concrete culverts using computer-aided design systems.

Keywords: reinforced concrete culvert, construction, design, drainage.

Под земляным полотном, которое пересекает водные потоки, такие как ручьи, необходимо установить водопропускные трубы. Это связано с тем, что дорожная насыпь не должна препятствовать естественному стоку воды. Водопропускные трубы также служат для уравнивания паводковых вод с обеих сторон насыпи и снижения их уровня на одной стороне дороги. Тем самым уменьшается напор воды и, следовательно, снижается риск наводнения. Водопропускные трубы могут иметь различные формы, такие как арочные, плиточные и коробчатые. Они могут быть изготовлены из различных материалов, включая каменную кладку (кирпич, камень и т.д.) и армированный цементный бетон. Поскольку водопропускные

трубы проходят через земляное полотно, они подвергаются тем же транспортным нагрузкам, что и дорога, и поэтому должны быть рассчитаны на эти нагрузки. Размер, уровень дна, расположение и другие параметры водопропускных труб определяются гидравлическими соотношениями и условиями на участке. Фундамент зависит от профиля дороги в месте расположения трубы. При проектировании конструкции необходимо учитывать различные варианты нагрузки (пустой короб, полный короб, дополнительные нагрузки и т.д.), а также такие факторы, как полезная нагрузка, эффективная ширина, тормозное усилие, распределение нагрузки по грунту, коэффициент воздействия, коэффициент давления грунта и др. При анализе и проектировании коробчатых водопропускных сооружений необходимо ссылаться на соответствующие стандарты ГОСТ и СП [3].

Проектирование железобетонных водопропускных труб с применением систем автоматизированного проектирования (САПР) позволяет ускорить и упростить процесс проектирования, повысить точность расчетов и оптимизировать конструкцию, что способствует созданию более безопасных и надежных сооружений.

Применение САПР при разработке железобетонных водопропускных труб предоставляет ряд следующих преимуществ:

1. Высокая точность и скорость расчетов. САПР позволяет оперативно и точно выполнять необходимые расчеты, такие как определение размеров, нагрузок, напряжений и других параметров, что сокращает время проектирования и минимизирует вероятность ошибок. Расчеты выполняются в соответствии с действующими нормативными документами, такими как СП 35.13330.2011 «Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84» и СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85».

2. Наглядное представление проекта. САПР предоставляет возможность создания трехмерных моделей труб, что позволяет наглядно визуализировать проект и выявить возможные проблемы или несоответствия [4].

3. Оптимизация конструкции. САПР способствует оптимизации конструкции труб, что приводит к снижению затрат на материалы и повышению прочности и долговечности сооружения.

4. Автоматизация рутинных задач. САПР автоматизирует рутинные задачи, такие как создание чертежей, расчетов и спецификаций, освобождая время проектировщиков для более сложных задач.

Процесс проектирования железобетонных водопропускных труб с использованием САПР включает в себя следующие этапы:

1. Сбор исходных данных. На этом этапе собираются такие данные, как характеристики грунта, гидрологические данные, требования к конструкции [1]. Сбор данных осуществляется в соответствии с действующими нормативными документами, такими как СНиП 2.05.03-84 «Мосты и трубы» и СНиП 23-01-99 «Строительная климатология».

2. Создание модели. На основе собранных данных создается трехмерная модель трубы в САПР [4]. Модель должна соответствовать требованиям, изложенным в СП 35.13330.2011.

3. Расчеты и оптимизация. Выполняются расчеты прочности, устойчивости. При необходимости производится оптимизация конструкции в соответствии с требованиями, изложенными в СП 35.13330.2011.

4. Создание чертежей и спецификаций. На основе модели создаются следующие чертежи и спецификации: чертежи поперечных сечений трубы, чертежи продольных разрезов трубы, спецификации материалов [2]. Создание чертежей и спецификаций осуществляется в соответствии с требованиями Единой системы конструкторской документации (ЕСКД).

5. Проверка и утверждение проекта. Проект проверяется на соответствие требованиям, изложенным в СП 35.13330.2011, и утверждается заказчиком и (или) надзорными органами.

Проектирование железобетонных водопропускных труб с использованием САПР является современным и эффективным подходом, который позволяет ускорить и упростить процесс проектирования, повысить точность расчетов и оптимизировать конструкцию [4].

Это способствует созданию более безопасных и надежных сооружений, способных выдерживать различные нагрузки и воздействия.

Однако проектирование железобетонных водопропускных труб является сложным процессом, который требует глубоких знаний и опыта. Поэтому при использовании САПР необходимо учитывать квалификацию специалистов и функционал САПР. Соблюдение этих факторов позволит создать безопасный и надежный проект железобетонной водопропускной трубы, который будет соответствовать всем требованиям действующих нормативных документов.

Список литературы

1. Пуркин В.И. Проектирование сооружений дорожного водотода: учеб. пособие. – М., 2023. – 92 с.

2. Особенности проектирования и устройства железобетонных искусственных сооружений / Е.С. Саксонова, О.В. Хрянина, В.А. Радаев [и др.] // Моделирование и механика конструкций. – 2021. – № 13. – С. 143–159.

3. Кириенко Н.А., Мугу А.А., Лейер Д.В. Особенности проектирования водопропускных труб под автомобильными дорогами // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: сб. ст. по материалам 75-й науч.-практ. конф. студентов по итогам НИР за 2019 г., Краснодар, 02–16 марта 2020 г. – Краснодар, 2020. – С. 527–529.

4. Проектирование автомобильных дорог в IndorCAD / И.В. Кривых, Д.А. Петренко, В.Н. Бойков [и др.]. – Томск, 2015. – 406 с. DOI: 10.17273/book.2015.2

Об авторах

Грачев Никита Алексеевич – магистрант кафедры автомобильных дорог и мостов, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: grachev.756@gmail.com

Добрынин Антон Олегович – канд. техн. наук, доцент Института дорожного строительства и транспорта кафедры автомобильных дорог и мостов, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: dobrynin.anton@yandex.ru

Д.М. Григорьев, Н.В. Лобов

ПРОЕКТ НАГРУЗОЧНОГО СТЕНДА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СПОСОБОВ ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ АВТОМОБИЛЯ

Создан нагрузочный стенд для исследования способов защиты электрооборудования автомобиля с бортовым напряжением 12 В. В работе представлена принципиальная схема стенда и его особенности.

Ключевые слова: защита электрооборудование автомобиля, нагрузочный стенд.

D.M. Grigorev, N.V. Lobov

COUNSTRUCTION OF A LOAD STAND FOR THE STUDY OF WAYS TO PROTECT THE ELECTRICAL EQUIPMENT OF THE CAR

A load stand has been created to study ways to protect the electrical equipment of a car with an on-board voltage of 12 volts. The paper presents a schematic diagram of the stand and its features

Keywords: protection of car electrical equipment, load stand.

Автомобильные предохранители являются одним из главных защитных элементов электрооборудования автомобилей. С ростом функциональных возможностей современных автомобилей возрастает сложность и нагрузка на их электрические цепи. ФГБУ ВНИИ-ИПО МЧС России регулярно публикует статистику по возгораниям на территории Российской Федерации. Один из параметров этой статистики – это количество возгораний транспортных средств из-за нарушений правил устройства и эксплуатации. В 2016 г. количество возгораний составило 1096 случаев, а в 2022 г. – 2318 случаев, что показывает рост в 2,114 раз за 7 лет [1–4]. Подробнее статистика описана на рис. 1. Поэтому создание эффективного метода защиты электроцепи автомобиля является актуальным.



Для изучения текущего способа защиты электрооборудования автомобилей и возможных альтернатив был создан нагрузочный стенд, который позволит экспериментально сравнивать методы на самой распространенной неисправности, коротком замыкании, создавая перегрузку имитируя силы тока короткого замыкания.

Данная схема делится на 18 модулей:

- нагрузочные модули – 15 шт. Каждый модуль представляет ряд резисторов, которые в совокупности дают необходимое сопротивление;

- исследуемый модуль – 1 шт. Данный модуль представляет из себя исследуемый способ защиты электрооборудование;

- модуль фиксации данных – 1 шт. Модуль состоит из Амперметра и Вольтметра с погрешностями не более 3 % и сертификатами соответствия;

- модуль питания – 1 шт. Модуль состоит из одного элемента – преобразователя тока, который преобразует переменный ток 220 В в постоянный ток 12 В.

Подводя итог, можно сказать, что данный нагрузочный стенд позволит проводить эксперименты для множества методов защиты, от 5 до 20 А, создавая им перегрузку от двух номинальных сил тока. Модульная система нагрузочного стенда обеспечивает компактность для перемещения между лабораториями и легкость ремонта и обслуживания.

Список литературы

1. Пожары и пожарная безопасность в 2021 году: статист. сб. / В.С. Гончаренко, Т.А. Чечетина, В.И. Сибирко, С.И. Мартемьянов, О.В. Надточий. – Балашиха, 2022. – 114 с.

2. Пожары и пожарная безопасность в 2022 году: информ. – аналитич. сб. / В.С. Гончаренко, Т.А. Чечетина, В.И. Сибирко, О.В. Надточий. – Балашиха, 2023. – 80 с.

3. Пожары и пожарная безопасность в 2018 году: статистич. сб. / П.В. Полехин, М.А. Чебуханов, Т.Б. Долаков, А.А. Козлов, Ю.А. Матюшин, А.Г. Фирсов, В.И. Сибирко, В.С. Гончаренко, Т.А. Чечетина. – М.: ВНИИПО, 2019. – 125 с.

4. Пожары и пожарная безопасность в 2019 году: статистич. сб. / П.В. Полехин, М.А. Чебуханов, Т.Б. Долаков, А.А. Козлов, Ю.А. Матюшин, А.Г. Фирсов, В.И. Сибирко, В.С. Гончаренко, Т.А. Чечетина. – М.: ВНИИПО, 2020. – 80 с.

Об авторах

Григорьев Даниил Михайлович – магистрант кафедры автомобилей и технологических машин, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: ddd1444ddd@gmail.com

Лобов Николай Владимирович – д-р техн. наук, зав. кафедрой автомобилей и технологических машин, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: lobov@pstu.ru

Е.А. Дрямин, Т.А. Белозёрова

**СОВРЕМЕННЫЕ МОДИФИКАЦИИ ПРОПАРОЧНЫХ КАМЕР
ДЛЯ ВНЕДРЕНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ПРОИЗВОДСТВА
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

Процесс пропаривания играет ключевую роль в строительной индустрии для обеспечения ускоренного схватывания и твердения железобетонных изделий. Как отмечают современные исследователи, применение пропарочных камер позволяет добиться оптимального распределения температуры и влажности, минимизируя затраты на тепловую обработку. Представлены существующие виды пропарочных камер, их ключевые характеристики, а также современные модификации, повышающие эффективность данных установок.

Ключевые слова: пропарочная камера, тепловая обработка, ямный тип, щелевой тип, энергоэффективность, железобетон.

E.A. Dryamin, T.A. Belozerova

**MODERN MODIFICATIONS OF STEAM CHAMBERS FOR
IMPLEMENTATION AT ENTERPRISES PRODUCING
REINFORCED CONCRETE STRUCTURES**

Steam curing plays a key role in the construction industry by accelerating the hardening and setting of reinforced concrete products. As modern researchers note, the use of steam chambers allows for optimal temperature and humidity distribution while minimizing thermal treatment costs. This paper discusses existing types of steam chambers, their main characteristics, and modern modifications that improve the efficiency of these units.

Keywords: steam curing chamber, heat processing, pit type, slot type, energy efficiency, reinforced concrete.

Пропарочные камеры – это ключевой элемент производственных линий для изготовления железобетонных конструкций. Их основная функция заключается в создании оптимальных условий для тепловлажностной обработки изделий, что ускоряет реакцию гидратации цемента, способствует быстрому набору прочности бетона и экономит производственные ресурсы. Современное производство

предъявляет высокие требования к этим установкам, акцентируя внимание на энергоэффективности, экологичности и цифровизации технологических процессов.

Как отмечено в [1], внедрение передовых решений позволяет значительно сократить технологические издержки и повысить эффективность таких установок. В данной статье рассматриваются основные типы пропарочных камер, их особенности, а также перспективы развития технологий в данной области.

Пропарочные камеры являются ключевым оборудованием в производстве железобетонных изделий. Среди основных типов выделяют ямные, щелевые и вертикальные пропарочные камеры, каждая из которых имеет свои технические особенности и область применения. Ямные пропарочные камеры представляют собой герметичные емкости, углубленные в землю, что позволяет снизить теплотери за счет естественной тепловой изоляции грунтом. Такие камеры широко применяются для серийного производства различных железобетонных изделий. Современные модификации ямных камер предполагают внедрение систем автоматического регулирования температурного и влажностного режима. В частности, в патенте RU 2609500C1 описана конструкция, включающая гидрозатвор и улучшенные балки для распределения пара, что обеспечивает однородное прогревание изделий и минимизацию конденсата.

Щелевые пропарочные камеры используются для работы с длинномерными железобетонными изделиями, такими как балки и плиты, что обусловлено их линейной конструкцией. Они обеспечивают постоянный поток пара и равномерность обработки благодаря наличию встроенных парораспределительных каналов, что значительно улучшает качество пропаривания. Главным недостатком таких камер являются увеличенные энергозатраты, связанные с поддержанием теплового баланса в крупных объемах. В исследованиях указано, что эффективное использование тепловой энергии в щелевых камерах возможно за счет внедрения систем теплообмена, которые обеспечивают при производстве возврат части тепла в процесс,

тем самым уменьшая расходы на нагрев [2]. Примеры таких разработок подробно описаны в руководствах по тепловым агрегатам и установкам НИУ МГСУ [1].

Вертикальные пропарочные камеры применяются для обработки объемных элементов, таких как опоры и свайные конструкции. Их конструкция предусматривает послойное размещение изделий, что позволяет оптимизировать использование пространства на производственных площадках. Как отмечается в исследованиях, такие камеры требуют сложных решений для распределения пара и регулирования температуры. В последние годы наблюдается тенденция к оснащению вертикальных камер системами автоматизированного управления, что позволяет не только точно контролировать температурные параметры, но и обеспечивать высокую степень автоматизации производственного процесса [1]. Современные модификации вертикальных камер включают в себя системы рекуперации тепла для снижения энергопотребления и автоматизированный контроль параметров процесса, что делает их особенно привлекательными для промышленных предприятий, стремящихся к улучшению экологической устойчивости и эффективности производства. Эти модификации позволяют в режиме реального времени регулировать параметры процесса, сводить к минимуму человеческий фактор и существенно улучшать качество продукции. Кроме того, во многих установках применяются системы рекуперации тепла, которые снижают потребление энергии вплоть до 25 %.

Отдельно следует остановиться на модификациях, направленных на повышение энергоэффективности и улучшение эксплуатационных характеристик ямных пропарочных камер. Одним из решений стало применение современных теплоизоляционных материалов для стенок камеры, что позволило уменьшить теплопотери на 20–30 % [3]. Также внедрение технологий рекуперации энергии, основанных на обратном потоке конденсата, описанных в патенте RU2609500C1, позволяет перераспределять тепло и снизить нагрузку на парогенераторы. Кроме того, технология ступенчатых наклонных пластин на крышке камеры, описанная в патенте SU1141088A1, обеспечивает сбор и отвод конденсата, предотвращая его попадание на изделия,

что существенно повышает качество обработки [3]. Современные изоляционные покрытия увеличили энергоэффективность ямных камер на 30 % без значительного увеличения их стоимости. Кроме того, для улучшения равномерности обработки изделий рассматривается применение модернизированных парораспределительных систем, исключающих локальные перегревы или недогревы в зоне обработки. Но нельзя забывать и про автоматизацию пропарочных камер. Для снижения ручного труда и минимизации брака актуально, например, введение системы управления с централизованным сбором данных и вывод этих данных в графики. Получение информации моментально и одновременно для всех пропарочных камер на производстве не только сократит ручной труд, но и позволит экономить ресурсы – не будет излишек и недостатка пара в камерах.

Пропарочные камеры остаются важнейшим звеном в производстве железобетонных изделий. Постоянное совершенствование технологий, таких как автоматизация процессов, внедрение современных теплоизоляционных материалов и систем рекуперации, позволяет снизить энергопотребление, улучшить экологичность производств и повысить качество выпускаемой продукции.

Перспективы модернизации связаны с дальнейшей цифровизацией, использованием «умных» технологий управления и повышением ответственности производств за воздействие на окружающую среду. Пропарочные камеры будущего – это энергоэффективные, высокотехнологичные установки, ориентированные на минимизацию затрат и увеличение производительности.

Список литературы

1. Тепловые агрегаты и установки: учеб. пособие [Электронный ресурс] / НИУ МГСУ. – М., 2022. – URL: https://mgsu.ru/university/about/Struktura/Kafedri/TVViB/mmaterials/Тепловые%20агрегаты%20и%20установки_уч.пособ.pdf. (дата обращения: 18.02.2025).
2. RU 2609500C1. Ямная пропарочная камера. Российская Федерация. Патентная документация.
3. SU 1141088A1. Крышка пропарочной камеры. Советский Союз. Патентная документация.

4. Сафонов А.Б., Никифоров О.М. Энергосбережение в пропалочных камерах // Журнал строительных исследований. – 2023. – № 3. – С. 23–27.

Об авторах

Дрямин Егор Алексеевич – студент кафедры строительного инжиниринга и материаловедения, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: mr.voostriks@yandex.ru

Белозёрова Татьяна Аркадьевна – старший преподаватель кафедры строительного инжиниринга и материаловедения, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: bta.perm@mail.ru

Ю.К. Жданова, А.О. Добрынин

**УСИЛЕНИЕ СЛАБЫХ ГРУНТОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ С ПРИМЕНЕНИЕМ
«ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ СВАЙ»**

Рассмотрен пример оптимизации проектного решения усиления слабых грунтов оснований на участке реконструкции автомобильной дороги А-181 «Скандинавия» Санкт-Петербург – Выборг – граница с Финляндской Республикой, Ленинградская область на участке км 65+000 – км 100+000. Применен сравнительный анализ модификации грунтового массива методами струйной цементации (Jet Grouting), виброуплотнения с устройством столбов из неорганических сыпучих материалов (песок) и технологии забивки призматических железобетонных свай.

Ключевые слова: строительство автомобильных дорог, слабые грунты, железобетонные сваи.

Yu.K. Zhdanova, A.O. Dobrynin

**STRENGTHENING WEAK SOILS DURING THE CONSTRUCTION
OF HIGHWAYS USING REINFORCED CONCRETE PILES**

The article considers an example of optimizing a design solution for strengthening weak foundation soils at the reconstruction site of the A-181 "Scandinavia" highway St. Petersburg – Vyborg – border with the Republic of Finland, Leningrad Region on the km 65+000 – km 100+000 section. A comparative analysis of the modification of the soil mass by Jet Grouting, the method of vibration compaction with pillars made of inorganic bulk materials (sand) and the technology of driving prismatic reinforced concrete piles is applied.

Keywords: construction of highways, weak soils, reinforced concrete piles.

Учитывая наличие на участке реконструкции автомобильной дороги А-181 «Скандинавия» Санкт-Петербург – Выборг – граница с Финляндской Республикой, Ленинградская область, км 65+000 – км 100+000 болотистого участка (ПК 164+76 – ПК 165+91), а также слабого основания, в проектной документации принято решение укрепления грунтов основания по технологии струйной цементации

(Jet Grouting) с формированием грунтоцементных элементов диаметром 0,7 м, шагом 1,0 м, расстоянием в свету 0,3 м [1].

На этапе разработки рабочей документации компания был предложен более рациональный вариант с устройством виброуплотняемых свай из неорганических сыпучих материалов [2]. Технология подразумевает модификацию грунтов основания путем устройства в массиве колонн из песка средней крупности по ГОСТ 25100-2020 методом глубинного виброуплотнения. Принятый вариант усиления основания с формированием «песчаных свай» позволил снизить капитальные затраты, а также сократить сроки проведения работ за счет увеличения скорости консолидации основания.

В рамках разработки магистерской диссертации на тему «Обоснование выбора способа стабилизации слабого основания при строительстве автомобильных дорог» нами предложена технология забивки призматических железобетонных свай [3]. Размер поперечного сечения свай – 0,3×0,3 м, длина – 11,0 м, шаг – 1,5 м, расстояние в свету – 1,2 м. Общее количество свай – 3059 шт.

Расчет свайного основания проводился в пять этапов (фаз).

1. Выторфовка слабого грунта на глубину 1,4 м для устройства площадки, предназначенной для движения построечной техники и гибкого ростверка.

2. Забивка призматических свай и устройство гибкого ростверка.

3. Отсыпка насыпи высотой 3,5 м.

4. Определение осадки насыпи при нагрузке $q_{AK} = 23,2$ кПа.

5. Определение расчетных усилий в призматических сваях и геосинтетической армирующей прослойке гибкого ростверка при нагрузке $q_{HK}=62,1$ кПа.

Прочностные и деформационные характеристики грунтов основания, принятые в расчетах, соответствуют нормативным параметрам.

В последующем нами планируется финансово-экономическое сравнение вышеуказанных методов усиления слабого основания.

Список литературы

1. Усиление грунтов основания «песчаными сваями». Автодорога А-181 «Скандинавия», км 65 – км 100. Ленинградская область [Электронный ресурс]. – URL: <https://geoizolproject.ru/2023/06/26/peskosvai-a181/> (дата обращения: 15.10.2024).

2. ОДМ 218.3.1.007-2022. Методические рекомендации по устройству виброуплотняемых свай из неорганических сыпучих материалов в основании земляного полотна автомобильных дорог. – М.: РОСАВТОДОР, 2022.

3. Тер-Мартirosян З.Г., Тер-Мартirosян А.З., Акулецкий А.С. Напряженно-деформированное состояние слабых и насыпных грунтов, армированных железобетонными и грунтовыми сваями соответственно [Электронный ресурс] // Вестник МГСУ. – 2021. – № 9. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/napryazhenno-deformirovannoe-sostoyanie-slabyh-i-nasypnyh-gruntov-armirovannyh-zhelezobetonnyimi-i-gruntovymi-svayami-sootvetstvenno> (дата обращения: 22.10.2024).

Об авторах

Жданова Юлия Константиновна – магистрант Института дорожного строительства и транспорта кафедры автомобильных дорог и мостов, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: yukzhdanova@yandex.ru

Добрынин Антон Олегович – канд. техн. наук, доцент Института дорожного строительства и транспорта кафедры автомобильных дорог и мостов, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: dobrynin.anton@yandex.ru

В.В. Залесных

РЕКОНСТРУКЦИЯ АДМИНИСТРАТИВНОГО ЗДАНИЯ С НАДСТРОЙКОЙ МАНСАРДНОГО ЭТАЖА

Сегодня реконструкция зданий является ключевым аспектом модернизации, поскольку она позволяет продлить срок службы зданий, улучшить их характеристики и обновить внешний вид старых построек. Одно из направлений реконструкции – надстройка мансардного этажа, которая увеличивает полезную площадь здания и создает новые помещения. В городской среде надстройка является эффективным способом расширения пространства без необходимости увеличивать земельный участок и использовать резервы несущих способностей существующих зданий. Реконструкция повышает энергоэффективность, пожарную безопасность, конструктивную надежность, функциональную целесообразность и архитектурную выразительность зданий благодаря использованию современных строительных материалов.

Ключевые слова: здание, реконструкция, мансардный этаж, энергоэффективность, современные строительные материалы.

V.V. Zalesnykh

RECONSTRUCTION OF AN ADMINISTRATIVE BUILDING WITH THE ATTIC FLOOR SUPERSTRUCTURE

Today, building renovation is a key aspect of modernization as it extends the life of buildings, improves their performance and renews the appearance of older buildings. One of the areas of reconstruction is the addition of an attic floor, which increases the usable area of the building and creates new premises. In an urban environment, a superstructure is an effective way to expand space without the need to increase the land area and use the load-bearing capacity reserves of existing buildings. Reconstruction improves energy efficiency, fire safety, structural reliability, functional feasibility and architectural expressiveness of buildings through the use of modern building materials.

Keywords: building, reconstruction, attic floor, energy efficiency, modern building materials.

Объектом исследования является трехэтажное административное здание в Тюменской области. Для того чтобы выбрать способ

надстройки, был произведен патентный поиск. В результате патентного поиска выделены три способа надстройки:

1) покрытие верхнего этажа в виде блока из железобетонной панели-оболочки;

2) стропильная конструкция мансардного этажа из легких оцинкованных профилей;

3) покрытие из панели поэлементной сборки с фальцевым покрытием.

Было произведено экономическое сравнение двух способов из трех, первый способ «Покрытие верхнего этажа в виде блока из железобетонной панели-оболочки» является экономически не целесообразным, так как чаще всего используется для зданий, имеющих не менее пяти секций (исследуемое здание имеет размеры в плане 33×12 м и является односекционным). В результате сравнения покрытие из панели поэлементной сборки на 12 % выгоднее, чем стропильная конструкция из легких оцинкованным профилей.

Также был проведен обзор технической литературы и статьей на тему выбора оптимального варианта кровельного покрытия при надстройке мансардного этажа. На основании сравнения физических свойств и способов монтажа сделан вывод, что металлическая черепица является оптимальным вариантом для мансардной кровли.

Выбор кровли обоснован архитектурными особенностями, здание находится в пределах застройки с преобладанием кровельного покрытия из металлочерепицы. В результате сравнения был выбран способ надстройки из легких оцинкованных профилей и покрытие из металлочерепицы.

Также чтобы убедиться, что фундаменты выдержат нагрузку от надстраиваемого этажа, был произведен расчет фундаментов по несущей способности и определена осадка основания фундамента методом линейно деформируемого слоя.

Также для реализации надстройки мансардного этажа произведен теплотехнический расчет ограждающих конструкций. В результате расчета принят утеплитель толщиной 150 мм.

Список литературы

1. Азимбаева А.А., Сазонова С.А. Выбор оптимального кровельного материала в климатических условиях Пермского края // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. – 2016. – Т. 7, № 3 – С. 11–24. DOI: 10.15593/2224-9826/2016.3.02

1. СП 20.13330.2016 «СНиП 2.01.07-85* Нагрузки и воздействия». Приказ Минстроя России от 3 декабря 2016 г. № 891/пр.

2. СП 22.13330.2016 «СНиП 2.02.01-83* Основания зданий и сооружений». Приказ Минстроя России от 16 декабря 2016 г. № 970/пр.

Об авторе

Залесных Влада Вадимовна – магистрант кафедры строительного производства и геотехники, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: zalesnyhvlada@gmail.com

О.С. Иванова, Н.В. Лобов

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КПД ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

Проведен теоретический обзор существующих подходов к определению полезной и затраченной работы автомобиля. Рассмотрены методики определения расхода топлива и транспортной работы автомобиля. Установлено, что комбинация этих подходов невозможна для оценки КПД автомобиля. Предложено разработать методику оценки КПД автомобиля, позволяющую экспериментально оценить и полезную, и затраченную работу автомобиля.

Ключевые слова: коэффициент полезного действия, удельный расход топлива, стенд с беговыми барабанами.

O.S. Ivanova, N.V. Lobov

EXPERIMENTAL METHOD FOR DETERMINING THE EFFICIENCY OF A VEHICLE

A theoretical review of modern approaches to measuring the useful and expended work of a car is carried out. Methods for determining fuel consumption and transport performance of a vehicle are considered. It has been established that a combination of these approaches is impossible to assess the efficiency of a vehicle. The development of a methodology for assessing the efficiency of a car, a qualified experimental assessment and the useful and expended work of the car are proposed.

Keywords: efficiency, specific fuel consumption, stand with running drums.

Широко известный подход к оценке КПД тепловых машин (цикл Карно) распространился и стал применяться для оценки эффективности всех агрегатов транспортных средств [1]. Если рассматривать автомобиль как систему, состоящую из подсистем, то структурный анализ позволяет рассчитать его КПД как произведение КПД каждой подсистемы:

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \dots \cdot \eta_n, \quad (1)$$

где n – количество звеньев системы.

Ввиду ограниченности знаний или технических возможностей субъекта исследования становится необходимым использование паспортных значений. Для оценки КПД нового автомобиля известной (классической) конструкции этого действительно может быть достаточно. Тогда возникает вопрос: «Как оценить КПД автомобиля с пробегом или автомобиля неизвестной или малоизученной (инновационной) конструкции»? Необходима разработка экспериментальных методов оценки эффективности сложных систем.

Одним из таких косвенных способов определения эффективности расхода топлива является удельный расход топлива. Это паспортное значение, определенное в литрах на 100 км заводом-изготовителем в лабораторных условиях с использованием диагностического оборудования и в соответствии с методикой, изложенной в нормативно-технической документации РФ – Распоряжение Минтранса РФ от 14.03.2008 № АМ-23-р [2]. Данная методика предполагает испытание автомобиля на стенде с беговыми барабанами (СББ), имитируя поездку «в городе» и «в пригороде».

До 2018 г. активно применялись две методики оценки расхода топлива и выбросов CO_2 – Европейская NEDC и американская FTP-75 [3]. Обе методики основаны на имитировании езды автомобиля при различных скоростях, ускорений и торможения. Основными недостатками обеих методик являются следующее: дороговизна испытаний; идеализированные условия испытаний; возможность оценить только топливную экономичность, как «знаменатель» в оценке КПД.

В 2018 г. появляется новая методика – WLTP, которая предполагает более динамичный цикл испытаний, но по-прежнему остается дорогостоящей и оценивающей только затраченную работу автомобиля.

При эксплуатации автомобиля износ агрегатов влияет на расход топлива в том числе. Следовательно, КПД автомобиля с пробегом снижается. Как определить, на сколько процентов? Логично предположить, что испытание можно повторить.

Известно, что в расчете КПД необходимо рассчитывать не только «знаменатель» – затраченную энергию расходуемого топлива, но и «числитель» – полезную работу автомобиля. Известен

подход в оценке полезной работы автомобиля как элемента логистической цепи:

$$Q = m_{\text{гр}} \cdot L, \quad (2)$$

где Q – полезная работа а/м, т · км; $m_{\text{гр}}$ – масса перевезенного груза, т; L – груженный пробег, км.

Если попробовать соединить оба подхода – (1) измерение расхода топлива на СББ и (2) полезную транспортную работу автомобиля, то нарушаются законы физики.

Рассмотрим автомобиль как материальную точку (м. т.) массой m с фактическим расходом топлива q_m , установленного на СББ, прошедшего расстояние L за отведенное время. Тогда КПД такого объекта рассчитывается по формуле:

$$\eta = \frac{m \cdot L}{q_m / L \cdot 100} = \frac{m \cdot L^2}{q_m \cdot 100}. \quad (3)$$

В результате полученной зависимости установлено, что КПД зависит от квадрата пройденного расстояния. Автомобиль как м. т., установленный на СББ, не перемещается в пространстве, следовательно, пройденный путь равен нулю, отсюда и КПД будет равен нулю.

Отсюда возникает вопрос: «Как измерить полезную работу автомобиля иначе»?

Предлагается разработать такую методику по оценке КПД автомобиля, которая бы позволяла оценить полезную работу как зависимость развиваемого усилия автомобиля после всех механических и тепловых потерь от тормозного момента барабанов стенда, установленных под ведущими колесами, к затраченной работе фактического расхода топлива с учетом его низшей теплотворной способности.

Решению этой задачи посвящены текущие и дальнейшие исследования.

Список литературы

1. Краткий курс общей физики: учеб. пособие / Ю.А. Барков, Г.Н. Вотинов, О.М. Зверев, А.В. Перминов. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2015. – 407 с.

2. Распоряжение Минтранса России от 14.03.2008 № АМ-23-р (ред. от 30.09.2021) «О введении в действие методических рекомендаций «Нормы расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте».

3. ГОСТ 20306-90. «Автотранспортные средства. Топливная экономичность. Методы испытаний». – М.: Изд-во стандартов, 1991.

Об авторах

Иванова Ольга Сергеевна – ассистент кафедры автомобилей и технологических машин, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: ov4549725@gmail.com

Лобов Николай Владимирович – д-р техн. наук, зав. кафедрой автомобилей и технологических машин, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: lobov@pstu.ru

Д.Ф. Карякин, Д.А. Татьянников

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГРУНТА В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

Рассмотрены существующие способы определения фильтрационных характеристик дисперсных грунтов в лабораторных и полевых условиях, выявлены их достоинства и недостатки. Рассмотрены проблемы, возникающие при испытаниях. Отмечена важность в разработке новых подходов для измерения коэффициента фильтрации, которые должны основываться на базовых принципах закона Дарси.

Ключевые слова: строительство, грунт, коэффициент фильтрации, закон Дарси.

D.F. Karyakin, D.A. Tatyannikov

FINDING OF SOIL FILTRATION CHARACTERISTICS IN CONSTRUCTION SITE

This publication examines existing methods for determining the filtration characteristics of dispersed soils in laboratory and field conditions, and identifies their advantages and disadvantages. The problems that arise during testing are considered. The importance of developing new approaches to measuring the filtration coefficient, which should be based on the basic principles of Darcy's law, is noted.

Keywords: construction, soil, filtration coefficient, Darcy's law.

Определение фильтрационных характеристик грунта – одна из основных задач, возникающих при проведении инженерно-геологических изысканий для строительства. Коэффициент фильтрации – основной параметр, использующийся для количественной оценки способности грунта пропускать через себя воду. Важность таких характеристик, как коэффициент фильтрации, скорость фильтрации, водопроницаемость, заключается в их влиянии на возводимое сооружение как в период строительства, так и при эксплуатации объекта. Неточности при определении данных величин могут спровоцировать ошибки при проектировании, а в дальнейшем – возникновение

неблагоприятных инженерно-геологических процессов и, как следствие, неравномерные деформации оснований фундаментов, ведущие к проявлению трещин в несущих конструкциях, в худшем случае, к выводу объекта их эксплуатации.

На данный момент существует несколько лабораторных и полевых способов определения коэффициента фильтрации. Лабораторные методы регламентированы в ГОСТ 25584-2016 «Грунты. Методы лабораторного определения коэффициента фильтрации» и предполагают использование фильтрационного прибора КФ-00М в двух вариациях: при постоянном градиенте напора (стационарный режим фильтрации) и при переменном градиенте напора (нестационарный режим фильтрации). Основным недостатком лабораторных испытаний является малая точность с фактическими значениями – возможны расхождения на несколько порядков. Это вызвано в первую очередь тем, что природная структура грунта, исследуемого в лаборатории, нарушена [1].

Среди полевых способов определения коэффициента фильтрации можно выделить опытную откачку воды из скважины, налив воды в шурфы и скважины, метод опытных нагнетаний и др. Данные способы определения коэффициента фильтрации являются более точными, поскольку предоставляют возможность провести испытания непосредственно в условиях залегания грунтов при незначительном нарушении их структуры и при естественном напряженно-деформированном состоянии [2]. Однако, несмотря на свои положительные аспекты, существующие полевые методы определения фильтрационных характеристик являются значительно более трудоемкими и дорогими. Зачастую это является основанием отказаться от проведения полевых испытаний в угоду лабораторным, несмотря на качество полученных результатов.

С целью анализа результатов лабораторных и полевых способов определения коэффициента фильтрации были проведены испытания песчаного грунта средней крупности по ГОСТ 25100-2020 «Грунты классификация» (рисунок). Для лабораторных испытаний применялся фильтрационный прибор КФ-00М при постоянном градиенте напора.

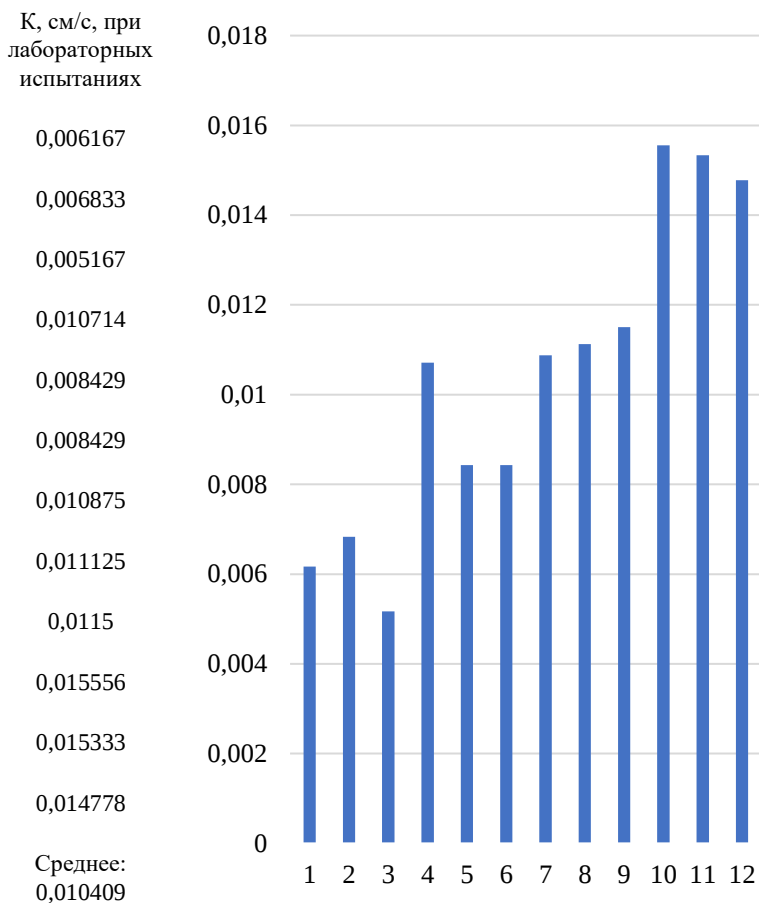


Рис. Результаты измерения коэффициента фильтрации в лабораторных условиях

Как видно из рисунка, значения коэффициента фильтрации K , см/с, по результатам лабораторных испытаний носят непостоянный характер. Большие расхождения результатов измерений при одинаковых значениях градиента напора вызваны изменением свойств грунта от опыта к опыту вследствие неравномерного уплотнения, а также погрешностью измерительного прибора.

Из описанного выше можно сделать вывод, что уменьшение трудоемкости полевых методов испытаний грунтов, а в частности, испытаний, направленных на определение коэффициента фильтрации, – перспективное направление в геотехнике. Повышение точности определения фильтрационных характеристик грунта, а также оптимизация процессов полевых испытаний позволят уменьшить количество ошибок при проектировании и снизить риски при строительстве и эксплуатации объектов.

Список литературы

1. Мангушев Р.А., Карлов В.Д., Сахаров И.И. Механика грунтов. – М.: АСВ, 2009. – 41 с.
2. Павич М.П., Балыков Б.И. Методы определения коэффициента фильтрации грунтов. – Л.: Энергия, 1976. – 32 с.
3. Справочник геотехника. Основания, фундаменты и подземные сооружения / А.Л. Готман, Н.З. Готман, В.Г. Офрихтер [и др.]. – М.: АСВ, 2023. – 1031 с.
4. Tatiannikov D.A. Ponomaryov A.B. Application of variable pitch reinforcement with horizontal geosynthetic elements in pads made from cohesive soils // Journal of Physics: Conference Series. 2. Сер. "Deep Foundations and Geotechnical Problems of Territories, DFGC 2021". – 2021. – Р. 012051. DOI: 10.1088/1742-6596/1928/1/012051
5. Оноприенко Н.Н., Сальникова О.Н., Лютенко А.О. Особенности проявления коэффициента фильтрации в областях его практического применения // Наукоемкие технологии и инновации (XXV научные чтения): сб. докладов Междунар. науч.-практ. конф., Белгород, 23 ноября 2023 г. – Белгород, 2023. – С. 1329–1332.

Об авторах

Карякин Данил Федорович – студент гр. СПС-21-1с, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: kardandan@mail.ru

Татьянников Даниил Андреевич – канд. техн. наук, доцент кафедры строительного производства и геотехники, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: tatiannikovda.spg@yandex.ru

Н.А. Копытов, Д.В. Мальцев, Л.В. Янковский

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ДИНАМИЧЕСКОГО ГАБАРИТА АВТОМОБИЛЯ

Обсуждается проделанное исследование системы контроля динамического габарита автомобиля. Проанализированы факторы и причины дорожно-транспортных происшествий. Выбрана система помощи водителю для контроля тормозного пути. Разработана математическая модель для обеспечения работы системы контроля динамического габарита с применением прикладного искусственного интеллекта. Проведен натурный эксперимент на легковом автомобиле «ВАЗ-1117» на скорости 40–60 км/час. Оценен эффект от внедрения прибора по системе контроля динамического габарита автомобиля на транспорте.

Ключевые слова: динамический габарит, система контроля, тормозной путь, автомобиль.

N.A. Kopytov, D.V. Maltsev, L.V. Yankovsky

VEHICLE DYNAMIC DIMENSION CONTROL SYSTEM

The article describes the research done on the dynamic dimension control system of the car. The factors and causes of traffic accidents are analyzed. A driver assistance system has been selected to monitor braking distance. A mathematical model has been developed to ensure the operation of a dynamic dimension control system using applied artificial intelligence. A full-scale experiment was conducted on a VAZ-1117 passenger car at a speed of 40–60 km/h. The effect of the implementation of the device on the vehicle dynamic dimension control system in transport is estimated.

Keywords: dynamic dimension, control system, braking distance, car.

В результате исследования была достигнута цель снижения риска ДТП за счет разработки системы контроля динамического габарита автомобиля на основе прикладного искусственного интеллекта (ИИ). Решены задачи по анализу факторов и причин ДТП, выделены факторы, которые чаще всего приводят к ДТП, а именно некорректная дистанция между автомобилями – 10 %, а из условий – низкое сцепное качество покрытия – 29,5 %; была систематизирована и выбрана из существующих система помощи водителю; разработана математическая модель для обеспечения работы системы

контроля динамического габарита автомобиля с применением прикладного ИИ; произведена оценка эффекта от внедрения системы контроля динамического габарита автомобиля на основе прикладного ИИ [1–3].

Выбранная математическая модель рассчитывает динамический габарит автомобиля – участок дороги, необходимый для безопасного движения в транспортном потоке с заданной скоростью. Для этого случая разработана система ИИ (нейронная сеть) – математическая модель, а также ее программное или аппаратное воплощение, построенные по принципу организации решений классификаций и регрессий (рис. 1, 2).

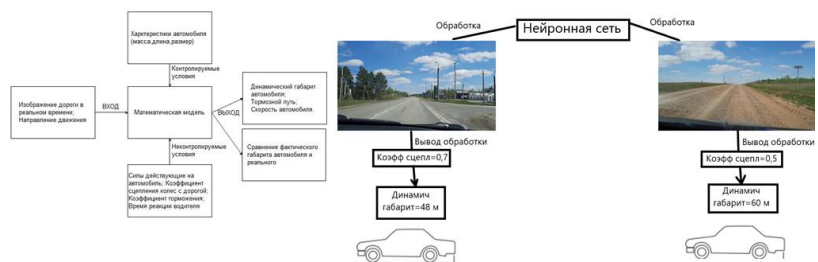


Рис. 1. Общая схема ИИ-системы

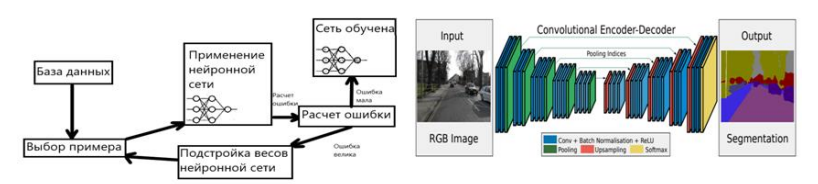


Рис. 2. Схема реализации нейронной сети

Нейронная сеть (см. рис. 2) создана с использованием метода обучения с учителем, следовательно, необходимо произвести обучение на специальной выборке, а после уже проверить точность при помощи контрольной выборки. Для корректной работы нейронной сети точность должна быть в пределах 80–100 %.

Проведен натурный эксперимент (с видеорегиистратором и дополнительным ПО) на автомобиле ВАЗ-1117 на скорости

40–60 км/час (рис. 3). Натурный эксперимент показал возможность реализации способа определения тормозного пути.

Предложен прибор для реализации данного способа определения тормозного пути (рис. 4).

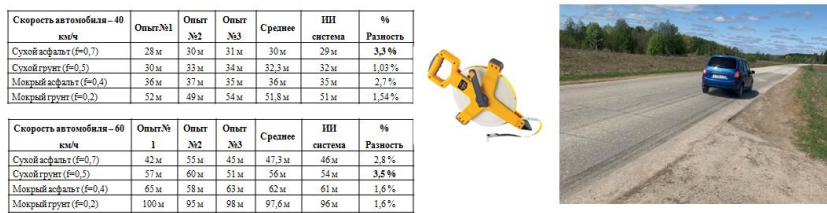


Рис. 3. Результаты проведения натурального эксперимента

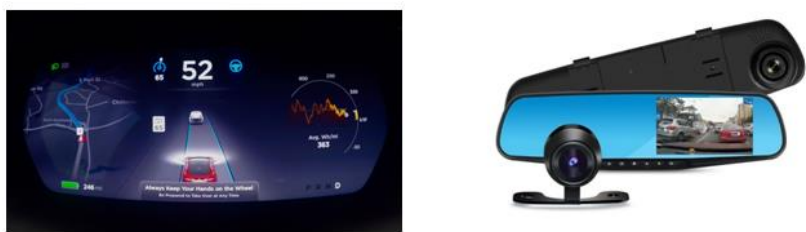


Рис. 4. Пример выполнения прибора для определения тормозного пути

Натурный эксперимент показал возможность реализации способа определения тормозного пути. При внедрении данного нового оборудования на автомобилях можно ожидать снижения риска возникновения ДТП, связанных с несоблюдением дистанции между автомобилями, в Пермском крае на 4 %.

Список литературы

1. Медрес Е.Е., Доброборский Б.С., Офин В.П. Повышение безопасности дорожного движения посредством адаптивной системы контроля дистанции между автотранспортными средствами // Транспортное дело России. – 2024. – № 4. – С. 132–134.
2. Шаихов Р.Ф. Контроль динамического габарита транспортного средства с применением нейронных сетей // Мир транспорта и технологических машин. – 2024. – № 1–1 (84). – С. 56–62.

3. УМНИК – Пермь, 2022, с отбором в финал [Электронный ресурс] / Ассоциация научных и инновационных учреждений и предприятий Пермского края. – URL: <https://www.asipr.ru/content/подготавливаем-участников-конкурса-умник-пермь-2022-с-отбором-в-финал>. (дата обращения: 16.02.2025).

Об авторах

Копытов Николай Андреевич – магистрант кафедры автомобилей и технологических машин, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: kopytov7@list.ru

Мальцев Дмитрий Викторович – канд. техн. наук, доцент кафедры автомобилей и технологических машин, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: admin@do.pstu.ru

Янковский Леонид Вацлавович – канд. техн. наук, доцент кафедры автомобилей и технологических машин, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: yanekperm@yandex.ru

Д.А. Краев, Т.А. Белозёрова

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ АДРЕСНОЙ ДОСТАВКИ БЕТОНА
С ЦЕЛЬЮ МОДЕРНИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ
ПО ПРОИЗВОДСТВУ БЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ**

Проведен анализ технологий подачи бетонной смеси на предприятиях строительной отрасли с целью оптимизации процесса и усовершенствования конструктивных решений. Отмечены достоинства и недостатки двух основных технологий доставки бетона к приемочному бункеру. Проанализирован способ использования монорельса как более эффективного и маневренного. Предложен способ доставки бетонных смесей с использованием подвесной монорельсовой вагонетки AEROVAN компании Marcantonini.

Целью работы являются анализ и применение в строительной отрасли передовых технологий и улучшение качества строительной продукции.

Ключевые слова: монорельс, кубель, инвертор, Wi-Fi-модули.

D.A. Kraev, T.A. Belozeroва

**RESEARCH OF THE TECHNOLOGY OF TARGETED DELIVERY
OF CONCRETE FOR THE PURPOSE OF MODERNIZATION
OF THE TECHNOLOGICAL LINE FOR THE PRODUCTION
OF CONCRETE PRODUCTS**

This article analyzes the technologies for supplying concrete mixtures in the construction industry in order to optimize the process and improve design solutions. The advantages and disadvantages of the two main concrete delivery technologies to the receiving hopper are noted. The method of using a monorail, as more efficient and maneuverable, has been analyzed. A method for delivering concrete mixtures using the suspended monorail trolley AEROVAN by Marcantonini is proposed.

The aim of the work is to analyze and apply advanced technologies in the construction industry and improve the quality of construction products.

Keywords: monorail, skip, inverter, Wi-Fi-modules.

Современное строительство требует повышения эффективности и качества производства бетонных изделий и конструкций. Одним из ключевых и начальных элементов данного процесса является

подача бетонной смеси с бетоносмесительного отделения в пролеты формовочного цеха. Традиционные методы подачи, такие как использование мостовых кранов с тележками, конвейеров, использование устаревших конструкций двухрельсовых вагонеток, имеют ряд существенных недостатков, а именно невысокую производительность, высокую трудоемкость, возможные потери бетонной смеси из-за применения устаревшего оборудования. В связи с этим актуальность модернизации системы подачи бетонной смеси с использованием современных методов и применения новейшего оборудования становится очевидной.

Подача бетона с бетоносмесительного отделения конвейерным и двухрельсовым способом имеет ряд следующих недостатков, которые могут существенно влиять на эффективность и качество производственного процесса и конечной продукции:

1. Ограничение по длине транспортировки. Данные методы подачи имеют ограниченную длину установки – это может создавать трудности при подаче бетона на большие расстояния. Данная проблема актуальна для крупных строительных объектов или цехов с большой площадью.

2. Высокая трудоемкость. Подача бетона этими способами требует постоянного контроля и обслуживания. Это включает в себя очистку, замену изношенных частей и регулярное техническое обслуживание. Все это увеличивает затраты на использование дополнительной рабочей силы и время простоя.

3. Риск расслоения бетонной смеси в результате остановок.

4. Ограниченная гибкость маршрута. Конвейерный путь имеет фиксированную траекторию движения, что ограничивает его способность адаптироваться к изменениям в производственном процессе или конфигурации цеха. Это может быть проблемой при необходимости изменения маршрута подачи бетона.

5. Ограниченная скорость подачи. Данные способы имеют ограниченную скорость подачи бетонной смеси, что может быть недостаточным для обеспечения высокой производительности в условиях высокой загрузки производственных цехов.

6. Необходимость дополнительной обработки бетона. После длительной транспортировки бетона по конвейеру может потребоваться восстановление однородности бетонной смеси – активация [1], что увеличивает время процесса.

Эти недостатки подчеркивают необходимость поиска альтернативных методов подачи бетона, таких как использование монорельсов, которые могут предложить более эффективные и безопасные решения для производственного процесса.

Наиболее перспективным методом усовершенствования технологии адресной подачи бетона было рассмотрение технологии, предоставленной фирмой AEROVAN, с детальной проработкой каждой детали бетонного оборудования и тщательного тестирования с целью оптимизации ее производительности и срока службы [2].

Особенности монорельсовой вагонетки AEROVAN: объем кубеля [3] – до 4 м³; скорость благодаря использованию инвенторов – до 180 м/мин; минимальный радиус кривизны – 3,5 м; способность преодолевать подъемы до 5°; при необходимости загружается на изгибе пути.

Преимущества следующие:

1. Основное преимущество – это повышенная надежность за счет увеличенной прочности конструкции (шасси и ковш вагонетки крепятся к сварной конструкции из высокопрочной стали) и применения новейших технологий: датчиков, инвенторов, программных средств управления.

2. Независимость от человеческого фактора и экономия человеческих ресурсов, благодаря полной автоматизации.

3. Полное устранение проблемы потери качества бетонной смеси (например, в результате его схватывания из-за задержек в доставке или расслаивания бетонной смеси [4]).

4. Автоматизированные вагонетки позволяют не только осуществлять доставку бетонной смеси, но и координировать время выгрузки и время в пути.

5. Возможность оптимально использовать производственную площадь.

6. Сокращение потерь бетона во время доставки, что ведет к улучшению качества готовых изделий.

7. Возможность подачи бетона на большие расстояния.

Внедрение адресной подачи бетона с использованием монорельса является основным моментом в модернизации не только подачи бетонной смеси, но и всего производства в целом. За счет высокой производительности, возможности подачи бетона на большие расстояния и минимального риска повреждения бетона адресная подача бетона является одной из лучших в производстве бетонных и железобетонных конструкций.

Список литературы

1. Баженов Ю.М. Технология бетона. – М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2002. – 410 с.

2. Транспортировка и адресная доставка бетона — вагонетки AEROVAN [Электронный ресурс] // СБ. – URL: <https://www.companybest.ru/publications/22-oborud/2553-vagonetki-aerovan.html> (дата обращения: 04.02.2025).

3. Кюбель [Электронный ресурс] // Википедия. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Кюбель> (дата обращения: 04.02.2025).

4. ГОСТ 10181-2014. «Смеси бетонные. Методы испытаний». Взамен ГОСТ 10181-2000; Введ. с 01.07.2015. – М.: НИИЖБ, 2015. – 23 с.

Об авторах

Краев Данила Алексеевич – студент кафедры строительного инжиниринга и материаловедения, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: danilakraev03@gmail.com

Белозёрова Татьяна Аркадьевна – старший преподаватель кафедры строительного инжиниринга и материаловедения, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: bta.perm@mail.ru

А.П. Курочкина, Д.А. Татьянников

**К ВОПРОСУ ОБ УЛУЧШЕНИИ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ
ХАРАКТЕРИСТИК СВЯЗНОГО ГРУНТА ПУТЕМ ВНЕДРЕНИЯ
ДОБАВКИ ИЗ СТЕКЛЯННОГО ПОРОШКА**

Акцентируется внимание на проблеме улучшения строительных свойств грунтов, особенно в условиях слабых водонасыщенных пылевато-глинистых грунтов. Рассматривается перспективный подход, заключающийся во внедрении в грунт отходов в виде размолотого бытового стекла. Этот метод рассматривается как способ повышения прочностных и деформационных характеристик грунта, а также улучшения его дренирующих свойств.

Предлагаемое решение может снизить степень пучинистости грунта, что особенно важно для водонасыщенных пылевато-глинистых грунтов. Утилизация бытового стекла имеет важное экологическое значение, так как сокращает количество отходов. Стекло, по сути являясь кварцевым песком, обладает морозостойкостью и устойчивостью к химическим веществам, что делает его пригодным для строительства в сложных климатических условиях.

Авторы признают наличие потенциальных недостатков, требующих дальнейших исследований, в частности, кислотность/щелочность основания. Подчеркивается важность достижения однородности при смешивании грунтов, предлагаются варианты механического перемешивания и увлажнения смеси для улучшения сцепления частиц и оседания.

Ключевые слова: пучинистый грунт, кварцевый песок, прочностные характеристики, деформационные характеристики, дренирующие способности, добавки к основанию, коэффициент фильтрации.

A.P. Kurochkina, D.A. Tatiannikov

**ON THE ISSUE OF IMPROVING THE PHYSICAL AND MECHANICAL
CHARACTERISTICS OF COHESIVE SOIL BY INTRODUCING
AN ADDITIVE OF GLASS POWDER**

The authors of the article focus on the problem of improving the building properties of soils, especially in conditions of weak water-saturated pulverized clay soils. They propose a promising approach, which consists in introducing waste into the ground in the form of ground household glass. This method is considered as a way

to increase the strength and deformation characteristics of the soil, as well as improve its drainage properties.

The proposed solution can reduce the degree of heaviness of the soil, which is especially important for water-saturated pulverized clay soils. Recycling of household glass is of great environmental importance, as it reduces the amount of waste. Glass, which is essentially quartz sand, has frost resistance and chemical resistance, which makes it suitable for construction in difficult climatic conditions.

The authors acknowledge potential drawbacks that require further research, in particular, the acidity/alkalinity of the base. The importance of achieving uniformity when mixing soils is emphasized, and options for mechanical mixing and humidification of the mixture are proposed to improve particle adhesion and settling.

Keywords: deep-lying soil, quartz sand, strength characteristics, deformation characteristics, drainage properties, additives to the substrate, filtration coefficient.

В строительстве фундамент является основной частью любого здания или сооружения. Для надежной и долговечной эксплуатации важен грунт основания фундамента, который на протяжении жизненного цикла объекта не должен изменять свои физико-механические характеристики. Существует большое количество мероприятий по преобразованию и закреплению грунтов оснований, такие как физико-химические методы, реализуемые за счет нагнетания в грунтовый массив специальных растворов: цемента, жидкого стекла, смол и др., механические методы, устройство грунтовых подушек из кондционных материалов, а также электрический и электрохимический методы и пр. [1].

Среди большого количества методов улучшения строительных свойств грунтов внимание заслуживает подход по внедрению в грунт отходов в виде размолотого бытового стекла. По мнению авторов, данный подход является перспективным в геотехническом строительстве при строительстве в условиях «слабых» водонасыщенных пылевато-глинистых грунтов [2].

Использование переработанного стекла в качестве добавки к основанию, представленному «слабыми» пылевато-глинистыми грунтами, в перспективе позволит повысить прочностные и деформационные характеристики грунта, что особенно важно в условиях современного строительства [3]. Кроме того, коэффициент фильтрации

размолотого стекла будет предполагаемо близок к коэффициенту фильтрации песчаного грунта. Таким образом, возможно повысить дренажные способности модифицированного грунта основания.

Известно, что для водонасыщенных пылевато-глинистых грунтов характерны пучинистые свойства. По мнению авторов, внедрение размолотого песка позволит снизить степень пучинистости модифицированного основания.

В перспективе применение размолотого стекла в качестве добавки к естественному основанию позволит уменьшить количество бытовых отходов. Стекло по своей сути – кварцевый песок. Экологическая проблема очень важна на данный момент в современном мире, это дает дополнительное преимущество для данного метода.

Кроме того, стекло обладает уникальными свойствами, такими как морозостойкость и устойчивость к химическим веществам, что делает его идеальным решением для строительства в сложных климатических условиях (например, в Арктических регионах России).

В таком материале так же, как и во многих других, присутствуют свои недостатки, которые необходимо детально изучить в ходе дальнейших исследований. Например, несмотря на то, что размолотое стекло с физической точки зрения близко к кварцевому песку, необходимо детально исследовать кислотность/щелочность основания полученного с добавлением стекла [4].

Если рационально использовать данный метод, то можно решить проблему эффективности строительных процессов [5]. При смешивании одного грунта с другим важно достичь однородности. Первый вариант смешивания – механическое перемешивание с использованием специальных агрегатов, таких как бетономесители или грунтовые фрезы. Второй вариант смешивания – увлажнение смеси. Добавление воды поможет быстрее и качественнее соединить частицы, улучшая процесс оседания.

На данный момент авторами проводятся исследования по внедрению в связный грунт заданной консистенции размолотого бытового стекла и анализ промежуточных результатов по оценке физико-механических свойств улучшенного грунта.

Список литературы

1. Нуждин М.Л., Пономарев А.Б. Расчетное обоснование эффективных схем усиления фундаментов мелкого заложения контурным армированием жесткими армоэлементами // *Construction and Geotechnics*. – 2022. – Т. 13, № 4. – С. 5–16. DOI: 10.15593/2224-9826/2022.4.01
2. Татьянников Д.А. Применение переменного шага армирования геосинтетических материалов в фундаментных подушках из связных грунтов // *Construction and Geotechnics*. – 2022. – Т.13, № 4. – С. 126–135. – DOI: 10.15593/2224-9826/2022.4.10
3. Строительные материалы на основе отходов стекла / А.Д. Богатов, С.Н. Богатова, Р.З. Ямбушев, Д.С. Аксенов, Г.П. Свицова // *Эксперт: теория и практика*. – 2023. – № 1 (20). – С. 44–50.
4. Утилизация сернисто-щелочных отходов сероочистки с получением техногенных грунтов / Я. Вайсман, А. Гришина, Ю. Кетов, В. Офрихтер, Е. Королев, В. Рябов // *Экология и промышленность России*. – 2022. – № 26 (3). – С. 22–27. DOI: 10.18412/1816-0395-2022-3-22-27
5. Сазонова С.А., Татьянников Д.А., Пономарев А.Б. Получение эмпирической градировочной зависимости для экспресс-оценки качества выполнения грунтовых конструкций // *Строительство и геотехника*. – 2023. – Т. 14, № 3. – С. 70–79.

Об авторах

Куручкина Анастасия Павловна – студентка гр. ПГСТ-22-16, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: acteaza@mail.ru

Татьянников Даниил Андреевич – канд. техн. наук, доцент кафедры строительного производства и геотехники, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: tatiannikovda.spg@yandex.ru

Н.В. Машковцев

РЕНОВАЦИЯ ПРОМПЛОЩАДКИ ЗАВОДА «ВЕЛТА»

Проанализирована текущая градостроительная ситуация на территории бывшего завода «Велта» в г. Перми. Рассмотрены прилегающие селитебные и промышленные территории, улично-дорожная транспортная сеть. Предложены варианты реновации данной территории. Определены социально-экономические факторы, благоприятно сказывающиеся на проживающем рядом населении.

Ключевые слова: реновация, проектирование, перепланировка, развитие городских территорий.

N.V. Mashkovtsev

RENOVATION OF VELTA PLANT'S INDUSTRIAL SITE

The current urban planning situation of former Velta factory territory in the city of Perm has been analyzed. Adjacent residential and industrial areas, the street and road transport network, have been examined. Options for the renovation of this territory have been proposed. Definition of socio-economic factors that favorably affect the population living nearby.

Keywords: renovation, design, redevelopment, urban area development.

Реновация промышленной территории – это градостроительная практика, при которой промышленные зоны, расположенные как в структуре города, так и за ее пределами, подвергают перепланировке вследствие их частичного или полного использования не по назначению [1]. Актуальность данной проблемы в наше время довольно высока.

На промышленные предприятия в наше время влияет ряд факторов, как положительных, так и отрицательных [2]. К положительным можно отнести развитие технологий, повышение спроса на промышленную продукцию. Отрицательными являются большие финансовые затраты на модернизацию старого или организацию нового производства, санкционное давление со стороны других государств.

Территория промплощадки завода «Велта», которая находится в Свердловском районе г. Перми (рис. 1), является примером того, как огромная промзона ввиду банкротства расположенных там компаний практически полностью меняет свое промышленное назначение на общественно-деловое. В крупных зданиях, в которых ранее производились станки, различные металлические детали и прочая машиностроительная продукция, в данный момент располагаются склады, торговые центры, многочисленные малые предприятия и даже спортивные залы. Территория поделена на множество небольших кадастровых участков (рис. 2).



Рис. 1. Ситуационный план



Рис. 2. Кадастровая карта

Окружающая застройка самая разная: селитебная зона с севера представлена разновысотными зданиями от 5 до 16 этажей; с запада промплощадка граничит с крупным промышленным образованием – здесь расположены промкомплексы завода имени Калинина и «ОДК-Пермские моторы». К югу от территории размещен комплекс инженерного факультета Пермского государственного аграрно-технологического университета. На территориях, расположенных к востоку от промплощадки, застройка отсутствует – там расположен огромный лесной массив.

В ходе разработки проекта реновации была предложена полная перепланировка данной территории с возвращением ей первоначальной, промышленной функции. Условно территорию проектирования можно разделить на четыре зоны.

Первая зона расположена на северо-западе: здесь будет развернут производственный комплекс, выпускающий вертолетные редукторы и БПЛА вертолетного типа. Близкое взаиморасположение промышленных зданий, производящих разную продукцию, можно обосновать эффектом локализации. Поскольку предприятие будет размещаться в трех зданиях, технологическая схема производства редукторов, приведенная на рис. 3, описывает процессы на предприятии.

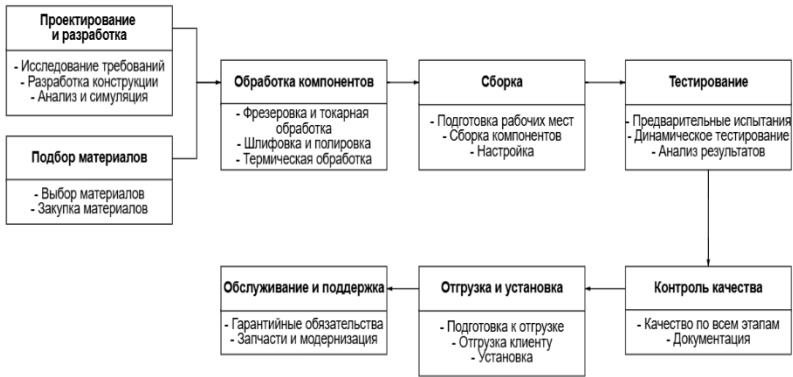


Рис. 3. Технологическая схема производства редукторов

Вторая зона находится в северо-восточной части территории, на месте бывшей площадки № 2 завода имени Дзержинского. Специализация данной зоны будет сохранена – проектом реновации здесь предусмотрен новый машиностроительный завод. Технологическая схема для проектируемого машиностроительного завода приведена на рис. 4.

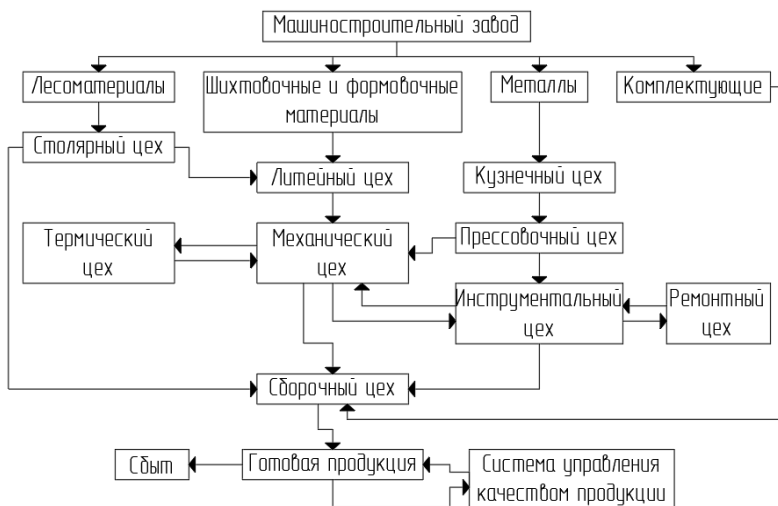


Рис. 4. Технологическая схема машиностроительного завода

Третья зона находится в юго-восточной части перепланируемой территории – здесь планируется расширение уже существующей картонно-бумажной фабрики. Технологическая схема расширяемой картонно-бумажной фабрики приведена на рис. 5.

Технологическая схема целлюлозно-бумажного комбината

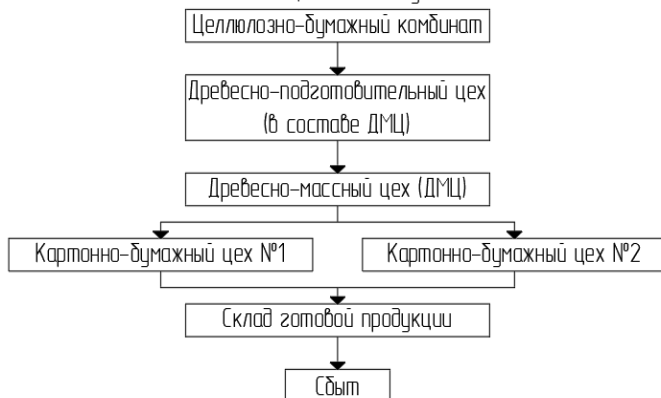


Рис. 5. Технологическая схема картонно-бумажной фабрики

Наконец, четвертая зона – комплекс промышленных зданий-отелей – размещается в юго-западной части промплощадки. Город или частные промышленные компании смогут разместить здесь производства, которые окажутся востребованы в тот или иной момент, либо же предприятия из первых трех зон используют данные здания для развертки дополнительных производственных линий.

Анализ транспортной сети показал, что существующая внутренняя сеть не сможет выдержать нагрузку от грузового транспорта для проектируемых предприятий, поэтому была разработана новая улично-дорожная сеть [3]. Основными направлениями движения грузового транспорта станут ул. Козьмы Минина и Краснополянская, Бродовский тракт. Новая планировка дорог позволит разгрузить ул. Героев Хасана, которой в часы пик уже не хватает мощности, чтобы справиться с потоком личных и грузовых автомобилей.

Реновация промышленной площадки завода «Велта» значительно увеличит эффективность использования данных территорий. Кроме того, процесс рефункционализации с возвращением территории первоначальной функции благоприятно скажется и на окружающих территориях: появятся новые рабочие места, вырастет средняя заработная плата в районе, также предполагается развитие социальной инфраструктуры.

Список литературы

1. Архитектурное проектирование промышленных предприятий: учебник для вузов / С.В. Демидов, А.С. Фисенко, В.А. Мыслин [и др.]. – М.: Стройиздат, 1984. – 392 с.
2. Лапаева М.Г., Лапаев С.П. Современные особенности размещения производительных сил // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2016. – № 3. – С. 25–29.
3. Анализ проблем грузовых перевозок в городском сообщении / А.О. Статенин, С.Е. Визгалин [и др.] // Вестник Ульяновского государственного технического университета. – 2024. – № 2 (106). – С. 74–79.

Об авторе

Машковцев Никита Владимирович – магистрант кафедры архитектуры и урбанистики, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: 79641978473@yandex.ru

А.Д. Мерзлякова

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ СКЛОНА, УСИЛЕННОГО ФИБРОПЕСКОМ, В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ PLAXIS 2D

Современное строительство характеризуется увеличением площади и плотности городской застройки. Рост мегаполисов, в свою очередь, вызывает повышение интереса к восстановлению экологического и эстетического баланса среды городов. При этом большое внимание уделяется созданию в черте города озелененных территорий, предназначенных для организации отдыха и развлечений людей. Наиболее трудным является обустройство реакционных пространств, расположенных на склоновых участках и отнесенных к особо охраняемым природным территориям. Строительные работы в этих случаях выполняются с сохранением ценных природных особенностей и ландшафтов. С целью прогнозирования поведения грунтового массива в период строительства, а также для обеспечения безопасной эксплуатации рассматриваемых территорий проводится оценка устойчивости склонов. Приведены результаты расчета коэффициента надежности склона, расположенного в г. Перми, в зависимости от крутизны его наклона. Определен коэффициент устойчивости склона с учетом его усиления слоем фибропеска.

Ключевые слова: склон, коэффициент устойчивости, фибропесок.

A.D. Merzlyakova

DETERMINATION OF STABILITY OF A SLOPE REINFORCED WITH FIBER SAND IN PLAXIS 2D PROGRAM COMPLEX

Modern construction is characterized by an increase in the area and density of urban development. The growth of megacities, in turn, raises interest in restoring the ecological and aesthetic balance of the urban environment. In this case, much attention is paid to the creation of green areas within the city boundaries, designed to organize recreation and entertainment of people. The most difficult is the arrangement of reaction spaces located on sloping areas and classified as specially protected natural territories. Construction works in these cases are carried out with preservation of valuable natural features and landscapes. In order to predict the behavior of the soil massif during the construction period, as well as to ensure safe operation of the territories under consideration, the slope stability is assessed. The article presents the results of calculating the reliability coefficient of a slope located in Perm, depending on the slope steepness. The stability coefficient of the slope is determined taking into account its reinforcement with a layer of fiber sand.

Keywords: slope, stability coefficient, fiber sand.

В настоящее время в России наблюдается тенденция к формированию комфортной городской среды. Расширение городов создает необходимость обустройства общественных пространств, предназначенных для организации досуга населения. Пермь является одним из крупнейших промышленных центров страны, и при этом в столице Прикамья активно ведутся работы по восстановлению и развитию природных зон. Строительные работы на этих территориях зачастую сопряжены с проблемой обеспечения устойчивости грунтовых массивов на склоновых участках [1].

Определение коэффициента надежности выполнено для склона, расположенного в Кировском районе г. Перми. Расчет произведен численными методами с помощью программного комплекса Plaxis 2D. Применен алгоритм Φ i-c reduction, иными словами, метод постепенного снижения прочностных характеристик грунтовых слоев до момента разрушения массива. Первоначально коэффициент надежности вычислен для неукрепленного склона с углом при основании 30° , а также склона, усиленного фибропесчаным слоем толщиной 2 м по длине склона и 3 м на поверхности призмы обрушения. В дальнейшем произведено вычисление для неукрепленного и усиленного склона с постепенным увеличением угла наклона с градацией 5° . Расчетная схема рассматриваемого объекта с углом заложения 30° представлена на рисунке. Физико-механические характеристики грунтов приведены в табл. 1.

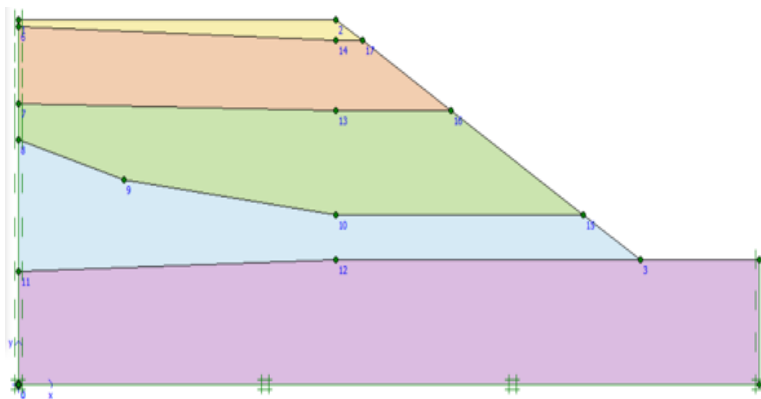


Рис. Расчетная схема склона

Таблица 1

Характеристики грунтовых слоев

Параметр	Песок мелкий	Супесь песча- нистая	Песок ср. круп- ности	Песок граве- листый	Аргил- лит
Модель материала	Мор – Кулон	Мор – Кулон	Мор – Кулон	Мор – Кулон	Мор – Кулон
Тип поведения материала	Дре- ниро- ванный	Дре- ниро- ванный	Дре- ниро- ванный	Дре- ниро- ванный	Недре- ниро- ванный
Уд. вес грунта, кН/м ³	18,836	20,570	18,561	18,561	16,621
Уд. вес насыщенного грунта, кН/м ³	20,819	22,933	21,179	22,388	16,621
Модуль Юнга, кН/м ²	12 500	15 200	10 500	13 000	8000
Коэффициент Пуассона	0,3	0,3	0,3	0,3	0,27
Сцепление, кН/м ²	1,0	10,0	4,0	1,0	19,0
Угол вн. трения	33	29	33	40	22

В расчете учтены характеристики фибропесчаного слоя для принятой толщины 2 м: $E = 27\,000$ кН/м², $c = 17,960$ кН/м², $\phi = 44,740^\circ$, $\gamma_{\text{unsat}} = 16,4$ кН/м³, $\gamma_{\text{sat}} = 20,0$ кН/м³ [2].

Результаты расчета сведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты расчета коэффициента надежности склона в Plaxis 2D

Объект исследования	Коэффициент надежности в зависимости от крутизны склона						
	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°
Склон до усиления	1,376	1,234	1,065	–	–	–	–
Склон, усиленный фибропесчаным слоем	1,540	1,470	1,320	1,218	1,146	1,034	–

В результате расчета определены предельные значения углов откоса: 40° – для неукрепленного склона, и 55° – для склона с фибропесчаным слоем. Фибровое армирование улучшает характеристики грунтов и позволяет возводить более надежные и устойчивые сооружения [3].

Список литературы

1. Гришина А.С., Мерзлякова А.Д. Обзор технологий укрепления грунтов на склоновых поверхностях и береговых линиях // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. – 2024. – Т. 1. – С. 72–77.
2. Кузнецова А.С., Офрихтер В.Г., Пономарев А.Б. Исследование прочностных характеристик песка, армированного дискретными волокнами полипропилена // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. – 2012. – № 1. – С. 44–55.
3. Анферов Е.П., Гришина А.С., Смирнов Р.С. Исследование возможного применения волокнистых отходов в качестве армирующих волокон для создания эффективных геотехнических конструкций // Вестник ПНИПУ. Прикладная экология. Урбанистика. – 2018. – № 1. – С. 168–177.

Об авторе

Мерзлякова Алина Дмитриевна – магистрант кафедры строительного производства и геотехники, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: alinochka.merzlyakova@mail.ru

А.П. Миллер, К.Г. Пугин, Р.Ф. Шаихов

МЕТОД ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ ГИДРОЦИЛИНДРОВ

Большое значение для работоспособности строительно-дорожных машин имеет гидропривод, который позволяет управлять рабочими органами и осуществлять ее транспортную функцию. При внезапном выходе гидросистемы из строя возможно полное нарушение работоспособности всей машины, что может быть недопустимо по условиям ее эксплуатации (горные выработки, выполнение ответственных и срочных работ и т.д.) из-за невозможности ее оперативного ремонта.

Представлены данные проведенных опытов по исследованию зависимости величины давления в гидроцилиндре и утечек жидкости через его уплотнения поршня. Данные опыты позволяют подтвердить правильность ранее представленных гипотез, что позволит в дальнейшем разработать метод диагностирования гидроцилиндров строительно-дорожных машин.

Ключевые слова: строительно-дорожных машин, гидропривод, гидравлическая система, диагностика.

A.P. Miller, K.G. Pugin, R.F. Shaikhov

THE METHOD OF TECHNICAL DIAGNOSTICS OF HYDRAULIC CYLINDERS

A hydraulic drive is of great importance for the operability of road construction machinery, which allows you to control the working bodies and carry out its transport function. In case of sudden failure of the hydraulic system, a complete malfunction of the entire machine is possible, which may be unacceptable under the conditions of its operation (mining, performing responsible and urgent work, etc.) due to the impossibility of its prompt repair.

The article presents data from experiments conducted to study the dependence of pressure in a hydraulic cylinder and fluid leaks through its piston seals. These experiments allow us to confirm the correctness of the previously presented hypotheses, which will allow us to further develop a method for diagnosing hydraulic cylinders of road construction machines.

Keywords: road construction machinery, hydraulic drive, hydraulic system, diagnostics.

Продолжительная эксплуатация гидрофицированных машин существенно зависит от наличия своевременной диагностики неисправностей их гидросистем. Изменяющиеся при эксплуатации параметры гидравлических систем технологических машин оцениваются различными диагностическими параметрами, например, такими как давление, расход и температура рабочей жидкости [1].

Для оценки вероятности выхода из строя предлагается использовать величину утечек в зависимости от давления. Исходя из этого, можно судить о состоянии уплотнений поршня гидроцилиндра.

В опытах был использован гидроцилиндр с уплотнениями поршня, уже имеющими наработку и требующие замены. Опыты были проведены на гидравлическом стенде с возможностью регулирования давления в напорной магистрали с помощью дросселя [2]. Для регистрации показаний давления был использован аппаратно-программный комплекс [2].

В дальнейшем с учетом исследований [1–3] эти показатели позволят более точно оценить существующее состояние и остаточный ресурс гидроцилиндра.

В зависимости от характера выполняемой работы поршень может большее количество рабочих циклов совершать в конечной и в средней частях гильзы [4, 5]. Это формирует разные участки износа внутренней поверхности гильзы, что может повлечь увеличение зазоров в сопряжении «поршень – гильза» и, следовательно, увеличение утечек.

Были проведены опыты в крайних положениях поршня гидроцилиндра при разных давлениях и при постоянной температуре 30 °С. При этом были замерены утечки рабочей жидкости с противоположной полости гидроцилиндра с предварительно снятым шлангом сливной магистрали с помощью мензурки. По окончании опытов были обработаны полученные данные и построены графики зависимостей величины утечек от давления, представленные на рисунке.

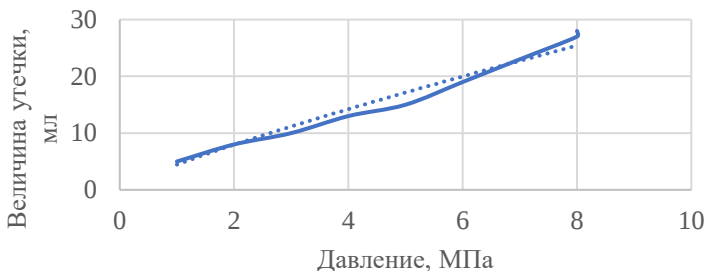


Рис. Зависимость величины утечек от давления в начальном положении поршня (у доньшка)

График изменения утечек в зависимости от давления в начальном положении поршня (у доньшка) описывается уравнением степенной функции $y = 4,4537x^{0,8377}$ со степенью достоверности аппроксимации $R^2 = 0,9732$, что позволяет сделать вывод о ее точности.

Аналогично было получено уравнение степенной функции $y = 8,1444x^{0,6228}$ для зависимости при конечном положении поршня (у доньшка) со степенью достоверности аппроксимации $R^2 = 0,935$ что также позволяет сделать вывод о ее точности.

Есть разница состояния уплотнений в начальном и конечном положении поршня, что позволяет предложить для использования в качестве идентификатора степени износа в методе диагностики.

Следовательно, при определении технического состояния гидроцилиндров наиболее информативным диагностическим параметром является величина утечки рабочей жидкости с учетом ее величины давления и температуры, подаваемой в гидроцилиндр. Полученные результаты опытов могут служить основанием для разработки нового метода диагностирования элементов гидросистем, в частности гидроцилиндров.

Список литературы

1. Миллер А.П., Пугин К.Г. Совершенствование методики и средств диагностики гидроцилиндра подъема и опускания кузова грузовых автомобилей // Актуальные вопросы технической эксплуатации и автосервиса подвижного состава автомобильного транспорта: сб. науч. тр. по материалам 82-ой науч.-метод. и науч.-исслед.

конф., МАДИ, Москва, 30 января – 01 февраля 2024 г. – М., 2024. – С. 212–217.

2. Миллер А.П., Пугин К.Г. Диагностирование гидроцилиндров строительно-дорожных машин с помощью гидравлического подпора // Тракторы и сельхозмашины. – 2023. – Т. 90, № 6. – С. 551–559. DOI: 10.17816/0321-4443-568992

3. Миллер А.П. Совершенствование методики диагностики силовых гидроцилиндров // Молодежная наука 2024: технологии инновации: материалы Всерос. науч.-практ. конф. молодых ученых, аспирантов и студентов, посвящ. Десятилетию науки и технологий в Российской Федерации, Пермь, 08–12 апреля 2024 г. – Пермь: ИПЦ Прокрость, 2024. – С. 138–140.

4. Повышение работоспособности гидропривода строительно-дорожных машин / А.Н. Максименко, Г.Л. Антипенко, Д.В. Бездников, В.В. Кутузов // Вестник Белорусско-Российского университета. – 2007. – № 4. – С. 24–30.

5. Условия эксплуатации строительно-дорожных машин / В.В. Конев, Ш.М. Мерданов, Д.М. Бородин [и др.] // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 12–3. – С. 502–507.

Об авторах

Миллер Александр Павлович – аспирант кафедры автомобилей и технологических машин, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, ассистент кафедры технического сервиса и ремонта машин, Пермский государственный аграрно-технологический университет им. академика Д.Н. Прянишникова, e-mail: aleksandrmillera@mail.ru

Пугин Константин Георгиевич – д-р техн. наук, профессор кафедры строительных технологий, Пермский государственный аграрно-технологический университет им. академика Д.Н. Прянишникова, профессор кафедры специальностей водного транспорта и управления на транспорте, Волжский государственный университет водного транспорта (Пермский филиал), e-mail: 123zzz@rambler.ru

Шаихов Ринат Фидарисович – канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой технического сервиса и ремонта машин, Пермский государственный аграрно-технологический университет им. академика Д.Н. Прянишникова, e-mail: shr84@list.ru

Н.М. Мусихин, С.А. Пестриков

АНАЛИЗ ПРОГРАМНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ СТРОИТЕЛЬНО-ДОРОЖНОЙ ТЕХНИКИ

Рассматриваются вопросы ценообразования запасных частей в условиях динамичного рынка и необходимость автоматизации мониторинга цен. Проведен анализ программных решений, интегрируемых с 1С и другими системами, с целью оптимизации управления наценками и оценки неликвидных запасов. В качестве примера изучен процесс выбора программного обеспечения для компании ООО «Мир Машин», основанный на поставленной задаче. Отмечена важность предварительного тестирования перед внедрением программных решений для минимизации рисков.

Ключевые слова: автосервис, услуги автосервиса, ценообразование, запасные части, мониторинг цен, автоматизация, программное обеспечение, 1С, складской учет.

N.M. Musikhin, S.A. Pestrikov

ANALYSIS OF SOFTWARE FOR PRICING SPARE PARTS FOR CONSTRUCTION AND ROAD MACHINERY

The article examines the issues of spare parts pricing in a dynamic market and the need to automate price monitoring. An analysis of software solutions integrated with 1C and other systems is conducted to optimize markup management and assess non-liquid inventory. As an example, the process of selecting software for the company LLC Mir Mashin is studied based on the set task. The importance of preliminary testing before implementing software solutions is highlighted to minimize risks.

Keywords: auto service, auto service solutions, pricing, spare parts, price monitoring, automation, software, 1C, warehouse management.

Ценообразование запасных частей является важным элементом управления товарными запасами и напрямую влияет на конкурентоспособность компании. В условиях высокой динамики цен на рынке необходимо оперативно отслеживать изменения и адаптировать стоимость продукции в зависимости от рыночной ситуации. В связи с этим возрастает роль программного обеспечения, которое позволяет автоматизировать мониторинг цен конкурентов, анализировать ценовые предложения поставщиков и гибко управлять собственными наценками.

На рынке представлено множество программных продуктов, предназначенных для автоматизации мониторинга цен, которые работают в разных средах, таких как 1С, десктопное приложение, Web-разработка, дополнение к CRM-системе.

Выбор оптимального программного обеспечения зависит от потребностей конкретной компании. Разберем поставленную задачу на примере компании ООО «Мир Машин». Задача заключается во внедрении программного обеспечения для ценообразования неликвидных запасных частей. База данных с номенклатурой запасных частей хранится в системе 1С.

В таблице представлены варианты программного обеспечения для ценообразования запасных частей.

Систематизация программного обеспечения по ценообразованию

№ п/п	Наименование	Особенности	Возможность транслировать цены конкурентов	Стоимость
1	МС: Мониторинг цен	Работает с использованием сервиса Yandex Search. Техническая поддержка на 12 месяцев – 9500 руб. Десктопное ПО, Модуль 1С. Нет возможности в авторизации	Да	19 950 руб.
2	Простой мониторинг цен	Модуль 1С. Нет возможности в авторизации	Да	6900 руб.
3	1С Парсер цен номенклатуры	Модуль 1С. Составление логики выделения цены на странице товара для каждого сайта. Нет возможности в авторизации	Да	30 000 руб.
4	Kitnet Import	Модуль CMS Bitrix. Парсинг информации со страниц сайтов, информационных систем, загрузка и регулярное обновление товаров	Да	15 490 руб.

Окончание табл.

№ п/п	Наименование	Особенности	Возможность транслировать цены конкурентов	Стоимость
5	Сотбит: Парсер контента	Этот модуль обеспечивает возможность интеграции товарной номенклатуры поставщиков с Интернет-магазином на платформе 1С-Битрикс	Да	29 990 руб.
6	QWER Прогноценка	Прогноценка запасных частей по поставщикам списком. Модуль 1С, Web-версия. Непосредственный разработчик	Нет	33 600 руб. в год на одного пользователя
7	QWER Переоценка склада	Прогноценка запасных частей по поставщикам на основе мониторинга задает правила наценки отдельных позиций или групп товаров. Модуль 1С	Нет	От 140 000 руб.
8	VINPIN Прогноценка / Автопоиск Прогноценка	Прогноценка списком. Модуль 1С, Web-версия	Нет	27 990 руб. в год на одного пользователя
9	Разработка собственного ПО	Есть возможность реализовать все необходимые задачи: прогноценка списком, авторизация на сайте, неограниченное количество пользователей, десктопное ПО. Данные могут храниться исключительно на компьютере, без возможной утечки информации в сеть. Нет обновлений, нет ответственного лица за обслуживание и поддержание ПО в работоспособном состоянии. Срок разработки ПО от 60 дней	Возможна	от 1500 руб. за один нормо-час. Время на разработку ПО не регламентируется. Конечная стоимость будет рассчитана исходя из параметров ТЗ

Анализ показывает, что представленные решения охватывают широкий спектр функциональных возможностей и ценовых сегментов, начиная от базовых модулей мониторинга цен, интегрированных с 1С, и заканчивая специализированными системами для оценки запасных частей, а также возможностью индивидуальной разработки программного обеспечения. Продукты, такие как «МС: Мониторинг цен», «Простой мониторинг цен» и «1С Парсер цен номенклатуры», ориентированы на компании, использующие 1С, и предлагают функционал, позволяющий не только осуществлять мониторинг цен, но и транслировать цены конкурентов, что способствует оперативному реагированию на изменения рыночной ситуации. Аналогично, решения для платформ CMS, представленные в виде Kitnet Import и «Сотбит: Парсер контента», нацелены на автоматизацию обновления товарных каталогов в Интернет-магазинах, что особенно актуально для пользователей платформы 1С-Битрикс.

Специализированные системы для оценки запасных частей, такие как «QWER Прценка», «QWER Переоценка склада» и «VINPIN Прценка / Автопоиск Прценка», ориентированы на автоматизацию складского учета и установление правил наценки, что отражается в более высокой стоимости и специфике применения – эти решения не предусматривают транслирование цен конкурентов.

Разработка собственного программного обеспечения требует значительного времени на внедрение и тестирование, чтобы обеспечить его корректную работу и выполнение поставленных задач. Кроме того, этот подход отличается высокой конечной стоимостью и отсутствием гарантии соблюдения сроков реализации.

Практически каждое готовое ПО предоставляет возможность использования демоверсии на ограниченный период (от 7 до 14 дней). Перед внедрением и покупкой ПО крайне важно провести тестирование продукта, так как существует риск, что он может не соответствовать требованиям компании. Если после тестирования окажется, что готовый продукт не подходит для компании ООО «Мир Машин», необходимо будет сформировать техническое задание на разработку ПО и разместить его на фриланс-площадках для оценки стоимости создания собственного решения.

Без проведения тестирования наш выбор после проведения анализа – это разработка «QWER Прценка», стоимость данного ПО 33 600 руб. в год на одного пользователя. В отличие от VINPIN и «Ав-

топоиск», которые являются посредниками данного программного продукта, QWEP является непосредственным разработчиком. На наш взгляд, обслуживание и техническая поддержка программного обеспечения будет лучшего качества.

В условиях динамичного рынка эффективное ценообразование запасных частей становится ключевым фактором конкурентоспособности, требующим использования современных программных решений для оперативного мониторинга цен конкурентов, анализа предложений поставщиков и гибкого управления наценками.

Список литературы

1. 1С Парсер цен номенклатуры [Электронный ресурс] // «Активные технологии» Продажа, установка, внедрение и поддержка программ «1С». – URL: <https://at-1c.ru/> (дата обращения: 20.01.2025).
2. Мониторинг цен – парсинг сайтов, мониторинг цен конкурентов [Электронный ресурс] // Официальный партнер 1С «MoscowSoft». – URL: <https://moscowsoft.com/> (дата обращения: 16.01.2025).
3. Простой мониторинг цен [Электронный ресурс] // Интеграция с 1С с различными системами. – URL: <https://opencart1c.ru/> (дата обращения: 20.01.2025).
4. Оценка поставщиков автозапчастей QWEP [Электронный ресурс] // Система автоматизации бизнеса и бизнес процессов «QWEP». – URL: <https://qwep.ru/> (дата обращения: 21.01.2025).
5. Сотбит: Парсер контента [Электронный ресурс] // «Сотбит» – отечественный разработчик веб-приложений для автоматизации бизнеса. – URL: <https://www.sotbit.ru/> (дата обращения: 19.01.2025).

Об авторах

Мусихин Никита Максимович – студент магистратуры кафедры автомобилей и технологических машин, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: kitusy@bk.ru

Пестриков Сергей Анатольевич – канд. экон. наук, доцент кафедры автомобилей и технологических машин, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: Pestrikovsa@mail.ru

Е.А. Наугольных, А.М. Бургунутдинов

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ В РАЙОНЕ МУЗЕЯ-ЗАПОВЕДНИКА «ХОХЛОВКА»

Рассматривается текущее состояние транспортной инфраструктуры, обеспечивающей доступ к музею-заповеднику «Хохловка» в Пермском крае. Проведен анализ автомобильных дорог, общественного транспорта и пешеходной доступности. Выявлены основные проблемы, связанные с качеством дорожного покрытия, безопасностью движения и недостатком удобной инфраструктуры для туристов. Предложены рекомендации по улучшению транспортной и пешеходной связности музея, включая модернизацию дорог, оптимизацию общественного транспорта и развитие вело- и пешеходных маршрутов.

Ключевые слова: транспортная инфраструктура, пешеходная доступность, велодорожки, музей-заповедник, Хохловка, туристическая связность, общественный транспорт.

E.A. Naugolnykh, A.M. Burgunutdinov

ANALYSIS OF THE EXISTING TRANSPORT INFRASTRUCTURE IN THE AREA OF THE KHOKHLOVKA MUSEUM-RESERVE

The article examines the current state of the transport infrastructure providing access to the Khokhlovka Museum-Reserve in the Perm Krai. The study analyzes road conditions, public transportation, and pedestrian accessibility. Key issues related to road surface quality, traffic safety, and the lack of convenient infrastructure for tourists have been identified. Recommendations for improving transport and pedestrian connectivity are proposed, including road modernization, optimization of public transport services, and the development of bicycle and pedestrian routes.

Keywords: transport infrastructure, pedestrian accessibility, bicycle lanes, museum-reserve, Khokhlovka, tourism connectivity, public transport.

Музей-заповедник «Хохловка» является значимым туристическим объектом Пермского края, привлекающим как организованные экскурсионные группы, так и самостоятельных путешественников. Однако для полноценного развития туризма необходима современная транспортная инфраструктура, обеспечивающая удобный и

безопасный доступ к объекту. Цель данной работы – выявить существующие проблемы транспортной и пешеходной доступности музея и предложить направления для их решения.

Анализ состояния автомобильных дорог. Подъезд к музею осуществляется по региональной автомобильной дороге «Пермь – Нестюково – Хохловка», соединенной с федеральной трассой Р-242 (Пермь – Екатеринбург). Анализ состояния дорог выявил ряд недостатков:

- качество покрытия: значительные участки дороги имеют повреждения (трещины, выбоины), что снижает комфорт передвижения;
- отсутствие освещения на большинстве маршрутов повышает риск ДТП, особенно в темное время суток;
- парковочная инфраструктура у музея ограничена, что приводит к затруднениям при наплыве туристов;
- отсутствие велоинфраструктуры делает передвижение велосипедистов небезопасным.

Для улучшения транспортной доступности необходимо проведение ремонта дорожного покрытия, расширение обочин и организация дополнительных парковочных мест.

Общественный транспорт и его роль в обеспечении доступа. Доступ к музею на общественном транспорте затруднен. Автобусные маршруты выполняются с низкой частотой, особенно в выходные дни. Остановка общественного транспорта расположена далеко от входа в музей, что создает неудобства для пассажиров. Отсутствуют оборудованные остановочные павильоны и информационные табло. Оптимизация автобусного сообщения и улучшение инфраструктуры остановок позволят увеличить туристический поток и снизить нагрузку на личный транспорт.

Пешеходная доступность и безопасность движения. Одним из ключевых факторов комфорта туристов является удобство пешего передвижения. Анализ существующей инфраструктуры показал, что отсутствие тротуаров на подъездных дорогах вынуждает пешеходов двигаться по обочинам, недостаточная навигация (указатели, информационные стенды) затрудняет ориентацию туристов;

опасность пересечения проезжей части из-за отсутствия пешеходных переходов, необорудованность туристических маршрутов (отсутствие настилов, зон отдыха) снижает комфорт пеших прогулок.

Решение данных проблем потребует создания выделенных пешеходных зон, улучшения навигации и организации безопасных переходов.

Предложения по улучшению следующие:

1. Модернизация дорожного покрытия: Асфальтирование ключевых участков подъездных путей.

2. Расширение парковочных зон: создание отдельной стоянки для автобусов и увеличение мест до 150.

3. Оптимизация общественного транспорта: введение дополнительных рейсов в выходные и запуск «туристического экспресса» из центра г. Перми.

4. Развитие альтернативных маршрутов: организация велопроката и маркированных велотроп от ближайших населенных пунктов.

5. Улучшение навигации: установка электронных табло с информацией о загруженности парковок и новых указателей.

6. Сотрудничество с властями и бизнесом: привлечение инвестиций через государственно-частное партнерство для развития инфраструктуры.

Экологический аспект. При развитии транспорта важно минимизировать воздействие на природную среду заповедника. Рекомендуется использовать электробусы для трансферов и обустроить экотропы для пешеходов.

Проведенный анализ показал, что существующая транспортная инфраструктура в районе музея-заповедника «Хохловка» нуждается в модернизации. Основными проблемами являются неудовлетворительное состояние дорожного покрытия, недостаточная развитость общественного транспорта и отсутствие безопасной пешеходной инфраструктуры.

Улучшение дорог, увеличение пропускной способности парковок и развитие общественного транспорта не только повысят туристическую привлекательность объекта, но и обеспечат комфорт

для местных жителей. Реализация предложенных мер позволит сохранить культурное наследие и сделать его доступным для большего числа посетителей, способствуя развитию региона в целом.

Список литературы

1. ГОСТ Р 52766-2007. «Дороги автомобильные. Требования к эксплуатационному состоянию». – М.: Стандартиформ, 2007.
2. СП 34.13330.2021. «Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85». – М.: Минстрой России, 2021.
3. Закон Пермского края от 29.12.2021 № 711-ПК «О развитии туризма в Пермском крае».
4. Официальный сайт музея-заповедника «Хохловка» [Электронный ресурс]. – URL: <https://хохловка.рф> (дата обращения: 13.02.2025).

Об авторах

Наугольных Евгений Александрович – магистрант Института дорожного строительства и транспорта кафедры автомобильных дорог и мостов, Пермский национальный исследовательский политехнический университет. e-mail: naugjeka2013@gmail.com

Бургонутдинов Альберт Масугутович – д-р техн. наук, профессор кафедры автомобильных дорог и мостов, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: burgonutdinov.albert@yandex.ru

М.Н. Пепеляев, С.Н. Копытова, Н.В. Чмых

К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Статья посвящена проблеме обеспечения безопасности труда на предприятиях по производству строительных материалов. Проведен анализ статистики травматизма, выделены основные причины несчастных случаев. Предложены меры по улучшению условий труда, включая внедрение современного оборудования, повышение квалификации персонала, проведение аудитов и использование средств индивидуальной защиты. Особое внимание уделено роли системы управления охраной труда.

Ключевые слова: безопасность труда, травматизм на производстве, вредные производственные факторы, производство строительных материалов.

M.N. Pepeliaev, S.N. Kopytova, N.V. Chmykh

TO THE ISSUE OF IMPROVING LABOR SAFETY IN THE PRODUCTION OF CONSTRUCTION MATERIALS

The article is devoted to the problem of labor safety at the enterprises producing construction materials. The article analyzes the statistics of traumatism, identifies the main causes of accidents. Measures to improve working conditions are proposed, including the introduction of modern equipment, personnel qualification improvement, audits and the use of personal protective equipment. Special attention is paid to the role of labor safety management system.

Keywords: labor safety, occupational injuries, harmful production factors, production of construction materials.

По данным Росстата [1], в организациях строительного комплекса порядка 30 % сотрудников от численности штата задействованы на тяжелых работах или сталкиваются с вредными производственными факторами. Помимо этого, свыше 9 % сотрудников работают в условиях, которые не отвечают санитарно-гигиеническим требованиям, включая высокую запыленность, недопустимый уровень шума или вибрации, слабую освещенность рабочего места и т.д. Неудовлетворительные условия труда на предприятиях по произ-

водству строительных материалов могут привести к росту травматизма и профессиональной заболеваемости, поэтому при обеспечении безопасности труда рабочих на этих предприятиях нужно одновременно учитывать вредные производственные факторы и вероятность возникновения травматизма.

Рассмотрим количество несчастных случаев на производстве, в результате которых один или несколько пострадавших получили тяжелый вред здоровью, а также случаев со смертельным исходом. Во II квартале 2024 г. наибольшее количество несчастных случаев произошло в организациях по производству различной продукции, в том числе на производстве строительных материалов было зафиксировано 11 случаев [2].

Основные причины травматизма подразделяют на четыре группы: технические, организационные, санитарно-гигиенические и личностные [3].

К первой группе относят несовершенство технологических процессов, конструктивные недостатки оборудования, зданий и сооружений, недостаточную механизацию производственного процесса. Например, неисправность вибрационного оборудования для уплотнения бетона может привести к травмам рук или другим повреждениям.

Организационные причины связаны с нарушением правил эксплуатации оборудования, отсутствием должного контроля за соблюдением техники безопасности, неправильной организацией рабочего места и др. Применительно к процессу уплотнения бетонной смеси организационной причиной травматизма может быть отсутствие инструктажа по технике безопасности при работе с вибрационным столом.

Санитарно-гигиенические причины травматизма также являются вредными производственными факторами. Такими причинами считают запыленность в воздухе рабочей зоны из-за работы с цементом и другими сыпучими материалами, высокий уровень шума и вибрации на производстве, недостаточную вентиляцию помещений и др.

Личностные причины связаны с поведением самих работников. К ним относят преднамеренное нарушение техники безопасности, усталость или другие психофизиологические причины, недостаточную квалификацию сотрудника.

Анализ причин травматизма на предприятиях по производству строительных материалов за 2018 г. показал [4, 5], что отсутствие контроля со стороны руководства за соблюдением требований безопасности при выполнении работ спровоцировало до 30 % случаев травматизма, износ и неисправность оборудования – до 23 %, нарушение работниками техники безопасности – до 16 %, нарушение технологии изготовления материалов и изделий – до 14 % случаев.

При организации производства строительных материалов следует учитывать следующие меры безопасности:

1. Использование современного оборудования позволяет автоматизировать производственный процесс и существенно повысить безопасность труда.

2. Повышение квалификации персонала по вопросам безопасности труда. Проведение регулярных тренингов и семинаров поможет сотрудникам лучше понимать и соблюдать правила безопасности.

3. Проведение аудитов и проверок. Является одним из наиболее действенных мер, позволяет выявить потенциальные риски травматизма и принять своевременные меры по их устранению.

4. Обеспечение работников современными средствами индивидуальной защиты.

5. Участие в программах сертификации и стандартизации, направленных на повышение безопасности продукции и процессов производства.

Помимо вышеперечисленных методов, особый интерес представляет внедрение системы управления охраной труда (СУОТ). Такая система включает в себя процедуры и меры по обеспечению безопасных условий труда, позволяет систематически оценивать риски и принимать меры по их снижению.

Наряду с внедрением новых технологий и оборудования, а также обеспечением работников средствами индивидуальной защиты, важную роль в повышении безопасности труда на предприятиях строительной отрасли играет развитие культуры безопасности труда.

Дальнейшим направлением исследований авторов является анализ применения искусственного интеллекта как метода повышения безопасности труда на строительных предприятиях.

Список литературы

1. Росстат [Электронный ресурс]. – URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13264> (дата обращения: 18.02.2025).
2. Стасева Е.В., Горбаткова А.В., Вельченко А.А. Анализ опасностей и Оценка профессионального риска при производстве строительных материалов // Безопасность техногенных и природных систем. – 2019. – № 3. – С. 12–16.
3. ohrana-bgd [Электронный ресурс]. – URL: https://ohrana-bgd.narod.ru/proizv_19.html (дата обращения: 18.02.2025).
4. Стасева Е.В., Квиткина М.В., Малимон А.В. Особенности условий труда при производстве строительных материалов // Селекционно-генетические и технологические аспекты производства продуктов животноводства, актуальные вопросы безопасности жизнедеятельности и медицины: материалы междунар. науч.-практ. конф. «Актуальные направления инновационного развития животноводства и современных технологий продуктов питания, медицины и техники», пос. Персиановский, 28–29 ноября 2019 г. – пос. Персиановский, 2019. – С. 290–296.
5. Филатова С.В., Стасева Е.В. Проблемы травматизма и охраны труда в строительстве // Актуальные проблемы безопасности жизнедеятельности и экологии: сб. науч. тр. и материалов III Междунар. науч.-практ. конф. с науч. шк. для молодежи. – Тверь, 2017. – С. 91–94.

Об авторах

Пепеляев Михаил Николаевич – студент строительного факультета гр. СТ-23-26, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: mihailpepelaev38@gmail.com

Копытова Светлана Николаевна – студентка строительного факультета гр. СТ-23-26, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: kopytovasvetlana175@gmail.com

Чмых Никита Вячеславович – ассистент кафедры строительного инжиниринга и материаловедения, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: chmyhnikita@gmail.com

М.Ю. Петров, Н.В. Лобов

ПРОЕКТ ЭЛЕКТРОМОТОЦИКЛА

Современная молодежь активно ищет альтернативные решения для мобильности, которые соответствуют экосознательным взглядам и потребностям. В условиях роста городского населения и увеличения автомобильного трафика электромотоцикл становится оптимальным вариантом, предлагая компактность, маневренность и экологичность. Низкий уровень шума и отсутствие выбросов делают его не только удобным средством передвижения, но и символом нового подхода к городской мобильности. Рассмотрен проект электромотоцикла. Рассмотрены его ключевые технические и динамические характеристики, конструкторские решения и преимущества, которые он дает.

Ключевые слова: электромотоцикл, электробайк, мобильность, альтернативные транспортные средства, экология, городская мобильность.

M.Yu. Petrov, N.V. Lobov

ELECTRIC MOTORCYCLE PROJECT

Today's youth are actively looking for alternative mobility solutions that meet eco-conscious views and needs. With the growing urban population and increasing car traffic, an electric motorcycle is becoming the best option, offering compactness, maneuverability and environmental friendliness. The low noise level and no emissions make it not only a convenient means of transportation, but also a symbol of a new approach to urban mobility. This article discusses the project of an electric motorcycle. Its key technical and dynamic characteristics, design solutions and advantages that it provides are considered.

Keywords: electric motorcycle, electric bike, mobility, alternative vehicles, ecology, urban mobility.

В современном мире мобильность становится одним из ключевых факторов, определяющих качество жизни, особенно для молодежи. Современные молодые люди все активнее ищут решения, которые обеспечивают не только удобство передвижения, но и соответствуют их экосознательным взглядам на жизнь. В условиях рас-

тущего городского населения и увеличения автомобильного трафика необходимость в альтернативных способах передвижения становится особенно актуальной.

Электромотоцикл представляет собой идеальную альтернативу традиционным видам транспорта. Его компактные размеры и высокая маневренность позволяют легко передвигаться по загруженным городским улицам, а низкий уровень шума и отсутствие выбросов делают его одним из самых экологичных способов передвижения. С развитием технологий и увеличением интереса к устойчивым формам транспорта электромотоцикл становится не просто средством передвижения, но и символом нового подхода к городской мобильности.

В проекте хочется соединить потребности молодой аудитории с принципами устойчивого развития, предлагая электромотоцикл как способ решения проблем городской мобильности и экологии. Данный транспорт не только упростит жизнь молодежи, но и сделает значительный вклад в защиту окружающей среды, ведя к более чистому и меньшему углеродному следу в наших городах.

Первым шагом в проекте стала разработка лучшей концепции электромотоцикла, которая была выбрана и доказана на международной научно-практической конференции. В ходе анализа была выбрана компоновка с задним электродвигателем, которая является наиболее оптимальной для электромотоциклов (рис. 1). Она обеспечивает лучшее распределение массы, маневренность, а также оптимальный запас хода, что критично для транспортного средства общего пользования.

Следующим этапом стал выбор рамы для переоборудования. Были рассмотрены несколько вариантов, учитывая такие факторы, как вес, прочность и совместимость с электродвигателем. В результате был выбран легкий кроссовый мотоцикл KAYO 125TT, который обеспечивает необходимую жесткость и позволяет снизить общий вес мотоцикла. Это решение также способствует улучшению динамических характеристик электробайка.

Для реализации проекта был приобретен синхронный электродвигатель мощностью 3 кВт, а также контроллер, проводка, система управления и регулирования. По размерам рамы и габаритам электродвигателя были разработаны 3D-модели крепления двигателя.

Важной частью работы стало проведение расчетов эксплуатационных свойств. Из расчета были построены такие графики, как внешняя скоростная характеристика, тяговая характеристика, динамическая характеристика, график ускорений, а также график разгона и пути. На основе анализа расчетов электродвигателя вместе с выбранной компоновкой был сделан вывод, что максимальная скорость нашего электробайка составит около 120 км/ч, но данная скорость может меняться в зависимости от веса и габаритов водителя. Разгон электробайка до 100 км/ч составил 9,5 с, а за четвер он разгонится до 118 км/ч (рис. 2).

На следующем этапе было определено передаточное число цепной передачи для эффективной передачи мощности от электродвигателя на колесо, что составило 14 зубьев на ведущей звезде и 60 на ведомой. Так как в разрабатываемом электромобиле не будет коробки передач, то передаточное число коробки принимаем за 1. Также была разработана 3D-модель звезды для резки на лазере (рис. 3)

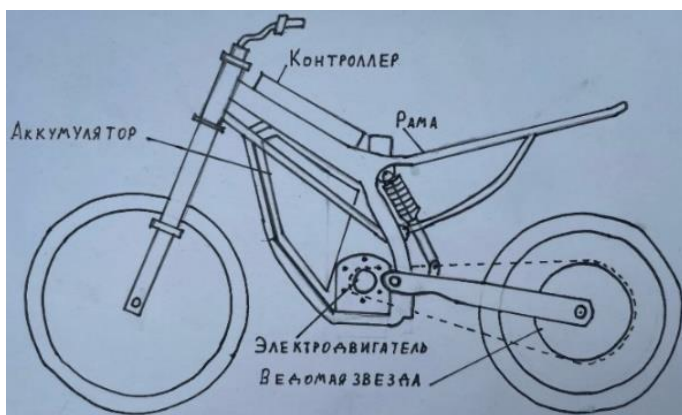


Рис. 1. Компоновка электромотоцикла

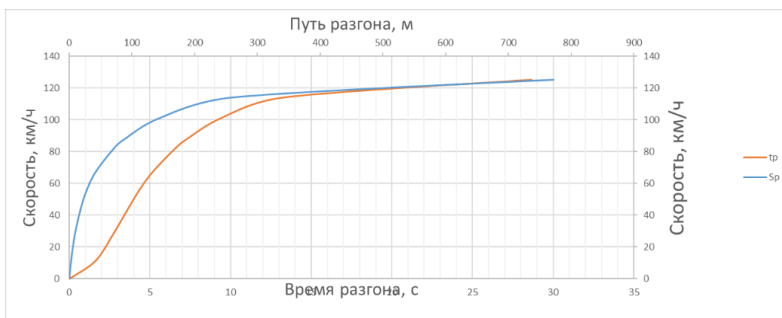


Рис. 2. График времени разгона и пути

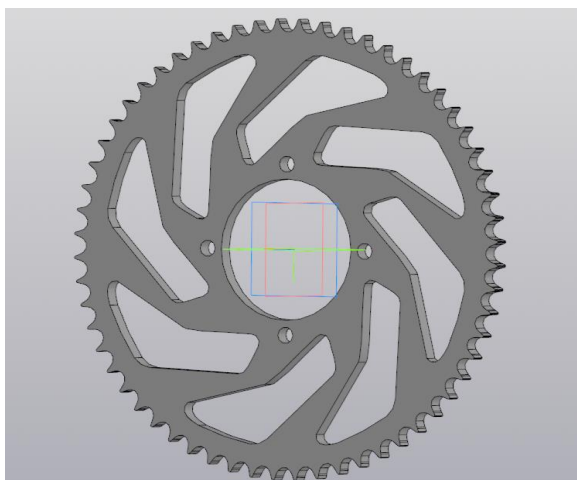


Рис. 3. 3D-модель звезды для резки на лазере

Таким образом, на текущий момент проект электромотоцикла достиг значительных успехов: разработана концепция, выбрана рама, проведены необходимые расчеты и подобран электродвигатель. Планируется приобретение аккумуляторной батареи для электробайка, а также проверка в эксплуатации.

Данная работа выполнена в рамках проектной деятельности и ВКР.

Список литературы

1. Вахламов В.К. Автомобили: эксплуатационные свойства: учебник для студ. высш. учеб. заведений. – М.: Академия, 2005. – 240 с.
2. Гришкевич А.И. Автомобили. Теория. – Минск: Высш. шк., 1986. – 208 с.
3. ГОСТ 591-69. «Звездочки к приводным роликовым и втулочным цепям. Методы расчета и построения профиля зуба и инструмента. Допуски». – М.: Изд-во стандартов, 1987.

Об авторах

Петров Максим Юрьевич – студент кафедры автомобилей и технологических машин, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: max_petrov4@mail.ru

Лобов Николай Владимирович – д-р техн. наук, зав. кафедрой автомобилей и технологических машин, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: lobov@pstu.ru

И.А. Подковыров, М.С. Казаков

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛА ТРЕНИЯ НА КОНТАКТЕ ГЕОТЕКСТИЛЯ С ГРУНТОМ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ НА ПРЯМОЙ СДВИГ

Для проектирования армогрунтовых сооружений необходимы значения контактных характеристик взаимодействия грунта с армирующими элементами. На сегодняшний день такие характеристики не определяются в лабораторных или полевых условиях, а применяются по рекомендациям нормативной литературы. Рассмотрен метод определения контактных характеристик с использованием прибора одноплоскостного среза. По результатам испытаний армированного геосинтетиком песчаного грунта получен угол трения на контакте геотекстиля с грунтом.

Ключевые слова: геосинтетический материал, коэффициент трения, армирование грунта, прибор одноплоскостного среза.

I.A. Podkovyrov, M.S. Kazakov

DETERMINATION OF THE FRICTION ANGLE AT THE CONTACT OF GEOTEXTILES WITH THE GROUND DURING DIRECT SHEAR TESTS

For the design of reinforced structures, the values of the contact characteristics of the interaction of the soil with the reinforcing elements are necessary. To date, such characteristics are not determined in the laboratory or in the field, but are applied according to the recommendations of the regulatory literature. The paper considers a method for determining contact characteristics using a single-plane slice device. According to the test results of the sandy soil reinforced with woven geosynthetics, the values of the friction angle at the contact of the geotextile with the soil were obtained.

Keywords: geosynthetic material, coefficient of friction, soil reinforcement, single-plane cutting device.

В условиях интенсивного развития строительства и инженерных технологий геосинтетические материалы становятся все более востребованными для укрепления грунтов. Они находят широкое применение при возведении подпорных стен, насыпей и других гео-

технических сооружений. Для успешного проектирования геотехнических конструкций необходимо качественно понимать процессы взаимодействия геосинтетических материалов с грунтом, чтобы гарантировать устойчивость и долговечность сооружений в различных эксплуатационных условиях.

В мировой практике проводится множество исследований, направленных на изучение процесса взаимодействия армирования с грунтом. Для определения свойств этого взаимодействия используются различные методы лабораторных испытаний: прямой сдвиг грунта по армирующему элементу; вытягивание армирующего слоя из грунта; трехосные испытания армированных образцов [1–3].

В настоящем исследовании проводились лабораторные испытания на приборе одноплоскостного среза для дисперсных грунтов с целью определения контактных характеристик. К основным контактными характеристикам относят угол трения и адгезию на границе раздела армирования и грунта. Адгезия или сцепление на контакте элементов армирования с грунтом близка к нулю для несвязных грунтов.

Для лабораторных опытов использовался песок однородный средней крупности согласно ГОСТ 25100. Армирование грунта производилось горизонтально тканым геосинтетиком «Армостаб ПЭТ 200/50» из полиэстера.

Испытания на приборе одноплоскостного среза проводились для неармированных образцов согласно методике, описанной в ГОСТ 12248.3-2020 «Грунты. Определение характеристик прочности методом одноплоскостного среза», и горизонтально армированных образцов в следующей последовательности. Формирование армированных образцов происходило весовым методом непосредственно в рабочей камере прибора. Первым этапом формировался грунт в нижнее кольцо сдвигового прибора с послойным механическим уплотнением таким образом, чтобы грунт по высоте был больше на 1...2 мм высоты нижнего кольца, вторым этапом производилось крепление геотекстиля к передней части сдвигающей половины и его укладка на поверхности грунта нижнего кольца. Третий этап включал в себя формирование песчаного грунта на поверхности уложенного геотекстиля в верхнем кольце сдвигового

прибора. Далее испытание производилось аналогично испытаниям неармированных образцов. Испытания проводились с водонасыщением всех образцов до влажности 10 %, время стабилизации вертикальных напряжений составляло 30 мин, скорость среза принята 0,5 мм/мин.

Всего было испытано девять армированных и девять неармированных образцов при трех нормальных напряжениях 100, 200, 300 кПа. Полученные расчетные значения были нанесены на график зависимости касательных от нормальных напряжений (рисунок). По построенным прямым, согласно условиям прочности Мора – Кулона, был определен угол внутреннего трения песчаного грунта и сцепление, которые составляли $41,48^\circ$ и 11 кПа соответственно. Для армированного образца касательные и нормальные напряжения являются напряжениями, действующими на поверхности контакта армирования с грунтом [4]. Тем самым прямая на графике для армированного образца определяет угол трения на контакте «грунт – геотекстиль», который составляет $34,67^\circ$.

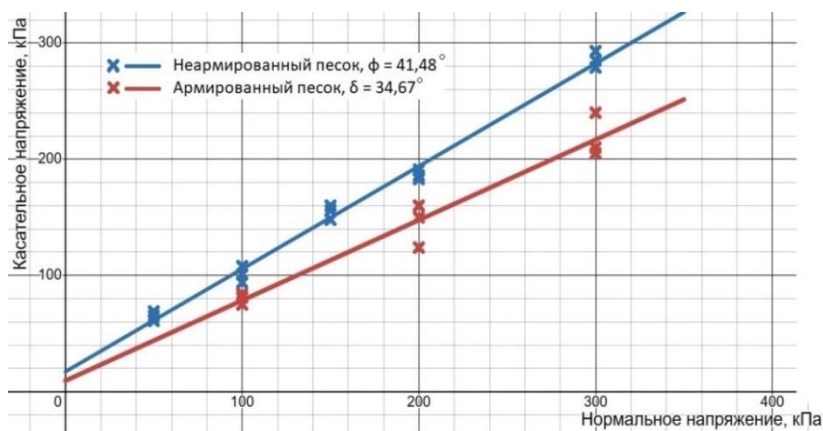


Рис. Графики зависимости касательных от нормальных напряжений при испытаниях армированного и неармированного грунта

Значение коэффициента трения или взаимодействия, рассчитываемое как отношение тангенсов угла трения на контакте армирования с грунтом к углу внутреннего трения грунта, составляет 0,78. Полученное значение выше значений, полученных в ходе испытаний армированных образцов в приборе трехосного сжатия, на 33 %, где значения при аналогичном материале армирования и грунта варьируются в диапазоне 0,5...0,6 [3].

На построенном графике (см. рис.) прямая для армированного образца не проходит через начало координат, а пересекает вертикальную ось на некотором расстоянии от нуля. Можно предположить, что между несвязным грунтом и армирующим элементом возникает зацепление, которое практически не зависит от величины внешнего нагружения.

Опробована методика определения угла трения на поверхности контакта геотекстильного материала с песчаным грунтом с использованием стандартного прибора одноплоскостного среза для дисперсных грунтов. Для достоверности полученных характеристик необходимо получить корреляционные зависимости с результатами лабораторных испытаний на вытягивание геосинтетических материалов согласно ГОСТ Р 70037-2022 «Методика испытаний по определению сопротивления вытягиванию геосинтетических материалов из грунта».

Список литературы

1. Татьянников Д.А., Пономарев А.Б., Клевеко В.И. Исследования механических характеристик геосинтетических материалов для разработки методики расчета несущей способности армированных фундаментных подушек // Академический вестник УралНИИ-проект РААСН. – 2015. – № 1. – С. 71–73.
2. Подковыров И.А., Казаков М.С., Офрихтер В.Г. Контактные характеристики взаимодействия геосинтетического материала с грунтом // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. – 2024. – Т. 1. – С. 52–58.

3. Офрихтер В.Г., Казаков М.С. Определение контактных характеристик на границе «грунт – геотекстиль» в приборе трехосного сжатия // Construction and geotechnics. – 2024. – Т. 15, № 4. – С. 59–77.

Об авторах

Подковыров Илья Андреевич – магистрант кафедры строительного производства и геотехники, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: pia_2001@mail.ru

Казаков Максим Сергеевич – ассистент кафедры строительного производства и геотехники, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: cazakow23@narod.ru

А.И. Попов, Н.В. Лобов

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ МОЩНОСТЬЮ 1,1 КВТ

Представлены результаты и методика испытания асинхронного двигателя электромотоцикла под нагрузкой. Приведена методика определения диапазона, в котором он может работать длительное время без перегрева. В качестве объекта исследования использован малоразмерный, серийно выпускаемый асинхронный двигатель.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, электромотоцикл, стендовые испытания, скоростная характеристика.

A.I. Popov, N.V. Lobov

TEST RESULTS OF AN ASYNCHRONOUS MOTOR FOR A 1.1 KW ELECTRIC VEHICLE

The results and methodology of testing an asynchronous motor of an electric vehicle under load are presented. The methodology of determining the range in which it can operate for a long time without overheating is given. As an object of research, a small-sized, serially produced asynchronous motor is used.

Keywords: asynchronous motor, electric vehicle, testing, speed characteristic.

Испытание асинхронного двигателя было проведено на стенде кафедры «Автомобили и технологические машины» ПНИПУ. Фотографии испытуемого двигателя на нагрузочном стенде и частотный преобразователь, необходимый для управления частотой вращения электрического двигателя, представлены на рис. 1, а, б. В качестве устройства для создания нагрузки использовался генератор постоянного тока с параллельным возбуждением ГРС-СТ-12-40.



а



б

Рис. 1. Стенд для проведения эксперимента: *а* – асинхронный двигатель мощностью 1,1 кВт на нагрузочном стенде;
б – частотный преобразователь ESQ 600-4T0022G

Методика испытания асинхронного двигателя была разработана с учетом базовых принципов и методов испытания двигателей внутреннего сгорания в соответствии с требованиями ГОСТ 14846-2020 [1]. Изменение частоты вращения ротора электродвигателя происходило изменением частоты тока с помощью частотного преобразователя в диапазоне от 20 до 70 Гц. Нагрузка на двигателе изменялась возбуждением генератора и происходила в диапазоне от 0 до 6 Нм.

На рис. 2 представлена скоростная характеристика асинхронного двигателя, устанавливающая зависимость крутящего момента от частоты тока в обмотке статора двигателя. 1 на рис. 2 – граница предельного крутящего момента, развиваемого электродвигателем. При этом отключение двигателя происходило по причине аварийного отключения генератора или вследствие срабатывания частотного преобразователя.

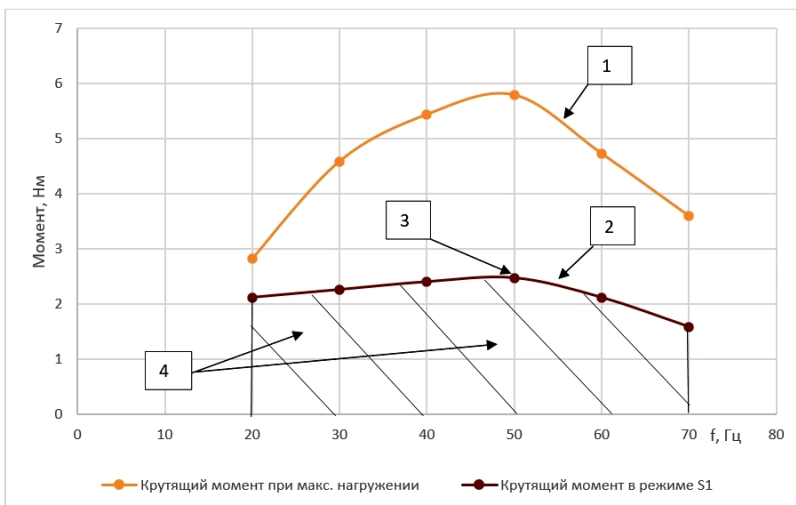


Рис. 2. Зависимость крутящего момента асинхронного двигателя 5АИ 71В2 У2 от частоты тока в цепи статора

2 – кривая крутящего момента, определенная при испытании электродвигателя по режиму, аналогичному режиму работы S1, в соответствии с требованиями ГОСТ IEC 60034-1-2014 [2]. Под режимом S1 понимают продолжительный по времени режим работы электродвигателя при номинальной, неизменной частоте вращения ротора, без перегрева. Рабочее поле, в котором электромобиль может двигаться длительное время без перегрева ЭД, обозначено 4 (область заштрихована). Для верификации получаемых экспериментальных данных был воспроизведен режим работы двигателя 5АИ 71В2 У2 на номинальной частоте вращения 3. При таком режиме испытания электродвигатель выдал мощность по S1, равную 1,1 кВт, на частоте тока 50 Гц и КПД равным 78 %, температура обмоток в ходе эксперимента стабилизировалась через 30 мин и более не поднималась в течение часа испытания. Это подтвердило адекватность получаемых экспериментальных данных и совпало с паспортными данными электродвигателя.

Результаты длительных испытаний асинхронного двигателя на нагрев по режиму, аналогичному режиму работы S1, представлены на рис. 3. Пунктирной линией представлена критическая температура двигателя 1. Для корпуса эта температура равна 70 и 145 °С – для обмоток статора (температура обмоток статора определена аналитическим способом – методом сопротивления). 2 и 3 – рост температуры без достижения тепловой стабилизации, кривая 4 соответствует стабильному режиму работы двигателя (режим S1), кривая 5 также соответствует стабильному тепловому режиму работы двигателя, но с недогрузкой. Фиксация стабилизации теплового баланса работы двигателя осуществлялась не более одного часа.

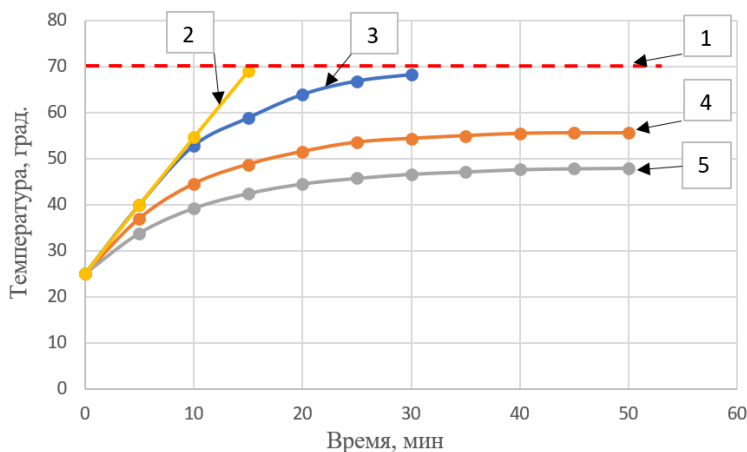


Рис. 3. Результаты температурных испытаний асинхронного двигателя марки 5АИ 71В2 У2 на частоте 50 Гц

Для построения скоростной характеристики двигателя, представленной на рис. 2, использовались результаты исследования нагрева двигателя на частотах тока в диапазоне от 20 до 70 Гц. В качестве маркерной точки использовалась нагрузка, соответствующая длительному стабильному тепловому режиму работы двигателя (см. рис. 3), что соответствует кривой 4.

Разработана и опробована методика испытания асинхронного двигателя под нагрузкой по скоростной характеристике. Полученные результаты позволяют утверждать, что такой выбор оказался правильным, а полученные результаты сопоставимыми с практикой испытания ДВС. При этом в качестве скоростного параметра по оси абсцисс для электрического двигателя переменного тока для простоты интерпретации результатов впервые, вместо частоты вращения ротора, использовалась частота тока статора.

Разработана методика определения рабочего диапазона, в котором асинхронный двигатель электромобиля, может работать длительное время без перегрева. Предельные параметры рабочего диапазона в этом случае ограничиваются кривой 2, рис. 2, определенной по режиму, аналогичному режиму работы S1.

Список литературы

1. ГОСТ 14846-2020 «Двигатели автомобильные. Методы стендовых испытаний»: дата введ. 01.07.2021. – М.: Стандартинформ, 2020. – 96 с.
2. ГОСТ ИЕС 60034-1-2014 «Машины электрические вращающиеся. Часть I. Номинальные значения параметров и эксплуатационных характеристик»: подготовлен Федеральным госуд. бюджет. обр. учр. высш. проф. обр. «Национальный исследовательский университет «МЭИ» и Федеральным госуд. унит. предпр. «Всерос. науч.-исслед. институт стандартизации и сертификации в машиностроении»: принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 14 ноября 2014 г. № 72-П): дата введ. 2016-03-01. – М.: Стандартинформ, 2015. – 57 с.
3. Козлова Т.А. Методика поиска рациональных конструктивных параметров тягового привода электромобиля [Электронный ресурс] // Интернет-журнал «Науковедение». – 2016. – Т. 8, № 5. – URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/86TVN516.pdf> (дата обращения: 26.12.2024).

4. ГОСТ 7217-87 «Машины электрические вращающиеся. Двигатели асинхронные. Методы испытаний»: дата введ. 01.01.1988. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – 39 с.

Об авторах

Попов Александр Игоревич – студент кафедры автомобилей и технологических машин», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: cfif.gjgjd.2004@yandex.ru

Лобов Николай Владимирович – д-р техн. наук, зав. кафедрой автомобилей и технологических машин, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: lobov@pstu.ru

А.А. Резникова, Я.В. Офрихтер

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ АНАЛИЗА СТРОИТЕЛЬНЫХ НОРМ И ПРАВИЛ

Рассмотрены варианты адаптации больших языковых моделей к данным из сферы нормативного регулирования в строительстве. В качестве примера использовались несколько свободно распространяемых предобученных моделей и самостоятельно собранная база размеченных ответов. В исследовании дается оценка перспективности и применимости на практике рассматриваемых подходов.

Ключевые слова: искусственный интеллект, нейронные сети, свод правил, строительные нормы, нормативная документация.

A.A. Reznikova, Ya.V. Ofrichter

PROSPECTS FOR THE APPLICATION OF LARGE LANGUAGE MODELS FOR THE ANALYSIS OF CONSTRUCTION STANDARDS

The article attempted to adapt the model to data from the field of regulatory framework in construction through the method of fine-tuning, as well as to test the ability of large language models to answer questions based on documents uploaded to their context. The potential and applicability of both approaches were evaluated.

Keywords: artificial intelligence, neural networks, code of rules, construction standards, building codes, regulatory documentation.

Большие языковые модели (LLM) являются перспективным направлением развития искусственного интеллекта. На данный момент уже существуют такие крупные проекты, как Qwen, Deepseek, ChatGPT и др. Такие модели содержат от 600 млрд и более параметров, и для их работы нужны инвестиции, измеряемые в миллиардах, а также функционирующие дата-центры, однако существуют и более простые модели. При обучении любой модели используется набор текстов с определенной информацией. Основными странами-разработчиками таких моделей являются США и Китай, поэтому наличие российских нормативных документов в них не является приоритетной задачей. При этом подобные языковые модели могут

использоваться как для проверки документации, так и в режиме консультанта, поэтому вопрос адаптации больших языковых моделей к воспроизводству информации, содержащейся в нормативных документах, является актуальным.

Адаптация большой языковой модели является необходимой, так как в настоящий момент языковые модели без предварительной подготовки не способны корректно отвечать на многие вопросы по нормативной документации [1].

В статье рассмотрены два механизма адаптации большой языковой модели: загрузка текста в контекст языковой модели; тонкая настройка (fine-tuning) языковой модели.

Контекст языковой модели – это область внутренней памяти модели, куда временно помещаются данные, отправляемые пользователем. Обучение модели через загрузку документов в контекст предполагает использование предварительно обученной языковой модели, которая может обрабатывать большие объемы текстовой информации. Этот подход позволяет модели извлекать и использовать информацию из загруженных документов в реальном времени.

Тонкая настройка (fine-tuning) представляет собой процесс адаптации предварительно обученной большой языковой модели к специфическим задачам. Этот метод заключается в обучении модели на дополнительном наборе данных, который содержит примеры требуемых от модели ответов. Например, в исследовании, посвященном адаптации модели CodeT5 для выполнения автодополнения кода, было показано, что настройка модели для специфического проекта улучшает точность предсказаний на 5,3 % [2]. Аналогично, для задач консультирования по строительным нормам тонкая настройка может значительно повысить точность ответов модели при обучении на данных, содержащих примеры из реальных нормативных документов.

Для работы рассматривались открытые языковые модели. В качестве содержимого для набора данных был взят СП 1.13130.2020 «Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы». Для адаптации языковой модели путем загрузки документа в ее контекст и систематизации данного процесса разработана таблица

данных. При работе с нормативным документом одной из важнейших задач является преобразование пунктов свода правил в формат, пригодный для обработки моделью. В таблицу вносится исходный текст подпункта и переработанный текст. На этапе переработки возможны упрощение структуры предложений, замена ссылок на другие нормативные документы на необходимые в данном контексте отрывки из них, разбиение текста на отдельные слова (subword tokenization) [3]. Вопросы и корректные ответы языковой модели из этой таблицы в дальнейшем были использованы при создании набора данных для fine-tuning. Используемая в этом случае языковая модель – Meta-Llama-3.1-8B-Instruct-GGUF. Набор данных содержал 185 примеров желательного поведения модели, например: {"question": "Требуется ли аварийный выход для квартир выше 4 м?", "answer": "Да, требуется. (СП 1.13130.2020 пункт 6.1.5)"}

С целью проверки качества работы языковой модели ей задавались вопросы. Диалог с языковой моделью mistral-7b-instruct-v0.3 осуществлялся через приложение LM Studio. Через чат был прикреплен текстовый документ (в нашем случае – небольшой отрывок из упомянутого ранее СП) и задан вопрос по нему («Что должно быть обеспечено для аварийных выходов из подвалов и цокольных этажей через этаж выше, имеющих прямой выход наружу?»). Ответ модели полностью соответствует содержанию нормативного документа (таблица).

Для метода тонкой настройки использовались открытые модели deepseek-ai/DeepSeek-R1-Distill-Qwen-1.5B и deepseek-ai/DeepSeek-R1-Distill-Qwen-7B. Качество ответов оказалось неудовлетворительным (см. табл.). Обучение более крупных моделей, таких как 32B (32 миллиарда параметров) или крупнее, не проводилось ввиду ограничений вычислительной мощности.

Примеры ответов языковых моделей
для различных вариантов адаптации

Модель	Метод адаптации	Вопрос	Ответ
Meta-Llama-3.1-8B-Instruct-GGUF	Загрузка в контекст	Какие требования предъявляются к эвакуационным выходам на верхнем этаже зданий высотой не более 28 м, если на этом этаже размещены мастерские и административные помещения?	Для эвакуационных выходов на верхнем этаже зданий высотой до 28 м, где расположены мастерские и административные помещения, следуют следующие требования: – с каждого такого этажа должно быть предусмотрено не менее двух эвакуационных выходов...
DeepSeek-R1-Distill-Qwen-1.5B	Тонкая настройка	Что ты знаешь о пожарных выходах?	Пожарные выходы – это такие данные или условия, которые могут возникнуть при риске роста рисков. Они часто связаны с погружением в море....
DeepSeek-R1-Distill-Qwen-7B	Тонкая настройка	Что ты знаешь о пожарных выходах?	Я знаю, что пожарные выходы, такие как солнечные дни, охрана земли и т.д., это основные аспекты, на которые стоит обратить внимание, если я ожидаю пожар

Большие языковые модели могут эффективно консультировать по строительным нормам, воспринимая смысл вводимой и запрашиваемой информации. Для запуска модели достаточно пользовательского компьютера. Использование более крупных моделей и загрузка в контекст показали себя более эффективно, чем тонкая настройка моделей меньшего размера. Для полноценной адаптации языковых моделей для воспроизведения строительных норм скорее всего понадобятся значительные вычислительные ресурсы.

Список литературы

1. Konarev D.I., Gulamov A.A. Accuracy improving of pre-trained neural networks by fine-tuning // Евразийский Союз Ученых. – 2021. – № 1 (82) – С. 26–28.
2. An empirical investigation on the performance of domain adaptation for T5 code completion / D. Fukumoto, Y. Kashiwa, T. Hirao, K. Fujiwara, H. Iida // 2023 IEEE International Conference on Software Analysis, Evolution and Reengineering (SANER). – 2023. – P. 693–697.
3. Gupta R. Bidirectional encoders to state-of-the-art: a review of BERT and its transformative impact on natural language processing // Информатика. Экономика. Управление. – 2024. – № 3 (1). – С. 0311–0320.

Об авторах

Резникова Анна Алексеевна – студентка, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, email: rez_ann2006@mail.ru

Офрихтер Ян Вадимович – старший преподаватель кафедры строительного производства и геотехники, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: ian.ofrikhter@gmail.com

Н.А. Решетников, Н.В. Лобов, М.А. Вахрушев

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОВОЙ НАПРЯЖЕННОСТИ
АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ
МОЩНОСТЬЮ 1,1 КВТ**

Представлены результаты испытания малогабаритного асинхронного двигателя под нагрузкой, которая учитывает специфику работы электромобиля. Степень нагрева статора электродвигателя оценивалась при изменении трех независимых факторов: нагрузки, частоты тока статора и продолжительности работы. Приведена регрессионная математическая модель процесса и статистическая оценка ее значимости (адекватности).

Ключевые слова: асинхронный двигатель, электромобиль, тепловая напряженность, планируемый эксперимент.

N.A. Reshetnikov, N.V. Lobov, M.A. Vakhrushev

**RESULTS OF THE STUDY OF THERMAL THERMAL STRESS
OF AN ASYNCHRONOUS MOTOR FOR A 1.1 KW ELECTRIC VEHICLE**

The results of testing a small-sized asynchronous motor under load, which takes into account the specifics of electric vehicle operation, are presented. The degree of heating of the electric motor stator was evaluated by changing three independent factors: load, stator current frequency and duration of operation. The regression mathematical model of the process and statistical evaluation of its significance (adequacy) are given.

Keywords: asynchronous motor, electric vehicle, thermal stress, planned experiment.

Электродвигатели (ЭД) по причине простоты своей конструкции, хорошим удельным мощностным показателям и эффективности работы все чаще применяются в качестве альтернативы традиционным поршневым двигателям. Вследствие особенности протекания в ЭД процессов, они хорошо адаптируются под возрастающую нагрузку, но при этом обладают высокой склонностью к перегреву. Исследование тепловой напряженности электродвигателя произведено при воздействии

нагрузки, которая учитывает специфику работы электромобиля и представляет научный и практический интерес. Настоящая статья посвящена рассмотрению именно этого аспекта.

В качестве объекта исследования был выбран малоразмерный асинхронный двигатель 5АИ 71В2 У2, мощностью 1,1 кВт с номинальной частотой вращения 2800 об/мин.

В рамках подготовки основного эксперимента была разработана методика испытания ЭД по скоростной характеристике и определены основные параметры, влияющие на изменение теплового состояния двигателя. Описание данной методики, а также методики определения области, в которой ЭД может длительное время работать без перегрева, будут опубликованы отдельно.

Для проведения эксперимента были отобраны три независимых фактора, приводящие к нагреву ЭД, а именно X_1 – нагрузка, прикладываемая к двигателю, X_2 – частота тока статора и X_3 – продолжительность работы двигателя под нагрузкой. В качестве функции отклика была принята степень нагрева статора электродвигателя (разность показаний между температурами в конце и начале работы двигателя под нагрузкой). Диапазон изменения параметра X_1 составлял от 0,7 до 1,4 Нм, по X_2 – от 20 до 70 Гц и по параметру X_3 – от 15 до 30 мин.

Для установления аналитической зависимости в виде регрессии (1)

$$\hat{y} = b_0 + \sum_{i=1}^3 b_i X_i + \sum_{\substack{i,u=1 \\ i \neq u}}^3 b_{ui} X_i X_u + b_{123} X_1 X_2 X_3, \quad (1)$$

где b_0, b_1, b_2, b_3 – коэффициенты регрессии; $X_i \cdot X_u$ – члены двойного взаимодействия; $X_1 \cdot X_2 \cdot X_3$ – члены тройного взаимодействия.

Был проведен трехфакторный планируемый эксперимент в соответствии с методикой, изложенной в работах [2, 3]. Каждый замер в точке плана осуществлялся три раза.

После обработки результатов эксперимента была получена следующая зависимость тепловой напряженности электродвигателя:

$$Y(X_1, X_2, X_3) = 20,24 + 3,91X_1 + 2,59X_2 + 2X_3 + 0,92X_1X_2 + 0,93X_1X_3 - 0,51X_2X_3 - 0,24X_1X_2X_3.$$

Анализ представленной зависимости позволил проранжировать независимые переменные. Наиболее значимым фактором оказался параметр X_1 (нагрузка), фактором номер 2 – X_2 (частота тока), и фактором номер 3 – X_3 (продолжительность работы под нагрузкой). Этот вывод был сделан при сравнении коэффициентов модели, соответственно, 3,91, 2,59 и 2,00 стоящих перед факторами X_1 – X_3 .

Статистическая оценка значимости математической модели дала следующие результаты:

- при оценке однородности дисперсий (критерий Кохрена) оказалось, что дисперсии опытов однородны, а сами опыты воспроизводимы;
- при оценке статистической значимости коэффициентов модели (критерий Стьюдента) все коэффициенты регрессионной модели оказались значимы;
- при оценке адекватности модели в целом (критерий Фишера) оказалось, что модель и результаты, получаемые с ее использованием, адекватны реально существующему процессу.

Экспериментально исследована степень нагрева асинхронного двигателя под нагрузкой. В результате проведения планируемого трехфакторного эксперимента была получена аналитическая зависимость. Оценка статистической значимости полученной модели показала ее полную адекватность реально существующему процессу.

Последующий анализ математической модели позволил проранжировать независимые параметры и оценить их влияние на нагрев электродвигателя. Наиболее значимым из них оказалась нагрузка, прикладываемая к двигателю. Полученные закономерности планируется использовать при разработке алгоритмов управления асинхронным двигателем с целью недопущения его перегрева.

Список литературы

1. ГОСТ 14846-2020 «Двигатели автомобильные. Методы стендовых испытаний»: дата введ. 01.07.2021. – М.: Стандартинформ, 2020. – 96 с.

2. Методы планирования и обработки результатов инженерного эксперимента: учеб. пособие / Н.А. Спирин, В.В. Лавров, Л.А. Зайнуллин, А.Р. Бондин, А.А. Бурыкин. – Екатеринбург: ООО «УИНЦ», 2015. – 290 с.

3. Бояршинов М.Г. Методология теоретических и экспериментальных исследований транспортных и технологических машин. – М.: Русайнс, 2022. – 309 с.

Об авторах

Решетников Никита Алексеевич – студент кафедры автомобилей и технологических машин, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: sam281213note04@gmail.com

Лобов Николай Владимирович – д-р техн. наук, зав. кафедрой автомобилей и технологических машин, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: lobov@pstu.ru

Вахрушев Матвей Александрович – магистрант кафедры автомобилей и технологических машин, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: vaxrushev.m@list.ru

А.В. Рычков, С.В. Новиков

**ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ СРАВНЕНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ
МЕТАЛЛОПЛАСТИКОВЫХ ТРУБ РЕ-RT 2 ТИПА И ТРУБ
ИЗ СШИТОГО ПОЛИЭТИЛЕНА РЕ-Х В СИСТЕМАХ
ВОДОСНАБЖЕНИЯ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ**

В условиях современного строительства высотных зданий выбор материалов для трубопроводов систем водоснабжения становится особенно острым. На рынке представлен широкий спектр полимерных труб, среди которых металлопластиковые трубы РЕ-RT 2 типа и трубы из сшитого полиэтилена РЕ-Х занимают особое место. Оба типа труб обладают уникальными характеристиками, в связи с чем различия в их технических свойствах, экономической эффективности и экологической безопасности обуславливают необходимость тщательного сравнительного анализа для определения оптимального технико-экономического выбора, что и является основной целью исследования.

Ключевые слова: сшитый полиэтилен РЕ-Х, металлопластик РЕ-RT 2 типа, высотные здания, система водоснабжения, экономическая эффективность.

A.V. Rychkov, S.V. Novikov

**TECHNICAL AND ECONOMIC COMPARISON OF THE USE
OF METAL-PLASTIC PIPES PE-RT TYPE 2 AND PIPES MADE
OF CROSS-LINKED POLYETHYLENE PE-X IN WATER SUPPLY
SYSTEMS OF HIGH-RISE BUILDINGS**

In the conditions of modern construction of high-rise buildings, the choice of materials for water supply system pipelines becomes especially acute. The market offers a wide range of polymer pipes, among which metal-plastic pipes PE-RT type 2 and pipes made of cross-linked polyethylene PE-X occupy a special place. Both types of pipes have unique characteristics, therefore, the differences in their technical properties, economic efficiency and environmental safety necessitate a thorough comparative analysis to determine the optimal technical and economic choice, which is the main purpose of the study.

Keywords: cross-linked polyethylene PE-X, metal-plastic PE-RT type 2, high-rise buildings, water supply system, economic efficiency.

Актуальность темы вызвана рядом ключевых факторов, делающих данное исследование своевременным и практически значимым:

1. Популяризация высотного строительства: в современных городах наблюдается устойчивая тенденция к увеличению этажности зданий, что требует особых инженерных решений в системах водоснабжения.

2. Экологичность: выбор материала напрямую влияет на возможность в будущем его вторичной переработки.

3. Энергоэффективность и долговечность: современные строительные нормы и стандарты все больше внимания уделяют энергопотреблению систем зданий, а также долговечности применяемых материалов.

4. Выбор оптимального материала: на рынке представлен широкий ассортимент труб. Для проектировщиков, инвесторов и застройщиков высотных зданий актуален вопрос выбора материала, обеспечивающего баланс между техническими характеристиками, стоимостью и долговечностью.

Сравнительный анализ материалов труб. Популярность таких материалов, как сшитый полиэтилен и металлопластик, в сфере изготовления труб для систем водоснабжения очевидна. Материалы обладают многими схожими техническими характеристиками, так как оба являются подвидами полиэтилена: коррозионная стойкость, низкая теплопроводность, долговечность, термостойкость и легкость. Однако материалы также имеют существенные отличия. Полимер РЕ-Х – сшитая молекулярная структура с поперечными связями между полимерными цепями в отличие от модифицированной линейной молекулярной структуры РЕ-РТ 2 типа. Сшивка придает РЕ-Х более высокую стойкость к температуре и давлению, однако придает хрупкость. Основным преимуществом РЕ-РТ 2 типа является его состав, в который не входят агенты сшивки (силаны, пероксиды), что повышает его гигиенические свойства. Отсутствие сшивки предоставляет возможность вторичной переработки РЕ-РТ 2 типа. Благодаря свойствам металлопластиковых труб есть возможность значительно уменьшить толщину стенки трубы, увеличивая ее пропускную способность.

Технические решения и расчет капитальных затрат для системы водоснабжения. В качестве объекта исследования был принят 25-этажный многоквартирный жилой дом с коммерческими помещениями на первом этаже. Жилых этажей – 24, по девять квартир на каждом этаже. Для жилой части предусмотрена поквартирная разводка систем водоснабжения в стяжке пола от коллектора, располагаемого в коридоре. Помимо труб, в системах водоснабжения используются фитинги, которые также включены в расчет.

Система из труб сшитого полиэтилена РЕ-Х с аксиальными фитингами. N_1 – количество угольников $90^\circ 20 \times 20$, шт; N_2 – количество тройников равнопроходных $20 \times 20 \times 20$, шт.; N_3 – количество штуцеров с наружной резьбой $20 \times 3/4$ ", шт.; N_4 – количество гильз подвижных Ду20, шт.; p_i – стоимость соответствующего фитинга, руб.; a_1 – стоимость трубы, руб./п.м.; m_1 – стоимость монтажа труб, руб./п.м.; a_2 – стоимость теплоизоляции, руб./п.м.; m_2 – стоимость монтажа теплоизоляции, руб./п.м; L – длина труб Ду20, м. Общая стоимость фитингов определяется по формуле (1):

$$C_{\text{РЕ-Х}}^{\text{фитинг}} = N_1 \cdot p_1 + N_2 \cdot p_2 + N_3 \cdot p_3 + N_4 \cdot p_4; \quad (1)$$

$$C_{\text{РЕ-Х}}^{\text{фитинг}} = 4752 \cdot 492 + 1296 \cdot 664,8 + 1728 \cdot 482,4 + \\ + 15120 \cdot 136,8 = 6\,101\,568 \text{ руб.}$$

Общая стоимость труб с учетом монтажа и теплоизоляции по формуле (2):

$$C_{\text{РЕ-Х}}^{\text{труба}} = L \cdot (a_1 + m_1 + a_2 + m_2) = \\ = 10584 \cdot (264 + 417 + 27,6 + 83,4) = 8\,382\,528 \text{ руб.} \quad (2)$$

Капитальные затраты на систему по формуле (3):

$$S_{\text{РЕ-Х}} = C_{\text{РЕ-Х}}^{\text{фитинг}} + C_{\text{РЕ-Х}}^{\text{труба}} = \\ = 6\,101\,568 + 8\,382\,528 = 14\,484\,096 \text{ руб.} \quad (3)$$

Система из труб металлопластиковых РЕ-RT 2 типа с пресс-фитингами. Трубы данной системы поставляются в готовой

изоляции с завода, что позволяет экономить на монтаже: N_1 – количество угольников $90^\circ 20 \times 20$, шт; N_2 – количество тройников равнопроходных $20 \times 20 \times 20$, шт.; N_3 – количество пресс-муфт $20 \times 3/4$ ", шт.; p_i – стоимость соответствующего фитинга, руб.; a_1 – стоимость трубы, руб./п.м.; m_1 – стоимость монтажа труб, руб./п.м; L – длина труб Ду20, м. Общая стоимость фитингов определяется по формуле (4):

$$\begin{aligned} C_{\text{РЕ-РТ}}^{\text{фитинг}} &= 4752 \cdot 457,8 + 1296 \cdot 642,6 + 1728 \cdot 378 = \\ &= 3\,661\,459,2 \text{ руб.} \end{aligned} \quad (4)$$

Общая стоимость труб с учетом монтажа по формуле (5):

$$C_{\text{РЕ-РТ}}^{\text{труба}} = 10584 \cdot (243,6 + 417) = 6\,991\,790,4 \text{ руб.} \quad (5)$$

Капитальные затраты на систему по формуле (6):

$$S_{\text{РЕ-РТ}} = 3\,661\,459,2 + 6\,991\,790,4 = 10\,653\,249,6 \text{ руб.} \quad (6)$$

Из приведенных расчетов следует, что при выборе металлопластиковых труб РЕ-РТ 2 типа вместо труб из сшитого полиэтилена РЕ-Х возникает существенная экономия денежных ресурсов – порядка 35,9 %. В дополнение к сниженным капитальным затратам система с металлопластиковыми трубами имеет больший внутренний диаметр, что способствует уменьшению скорости воды в трубах и удельным потерям по длине, благодаря чему понижаются шумовые характеристики системы, повышаются комфорт жителей и долговечность трубопроводов.

Список литературы

1. Стоимость труб из сшитого полиэтилена РЕ-Х [Электронный ресурс]. – URL: https://lunda.ru/catalog/category/c131/product/truba-pex-radi-pipe-usystems_33247.html?facets=f1:fv85 (дата обращения: 27.01.2025).
2. Стоимость труб из металлопластика РЕ-РТ 2 типа [Электронный ресурс]. – URL: https://lunda.ru/catalog/category/c783/product/truba-solid-kflex_181752.html?facets=f1:fv841 (дата обращения: 27.01.2025).

3. Стоимость монтажных работ [Электронный ресурс]. – URL: <https://perm.myguru.ru/services/santehnika/mo-ntazh-metalloplastikovyh-trub> (дата обращения: 27.01.2025).

4. Иванов А.В., Петров С.И. Инженерные системы высотных зданий. – М.: Стройиздат, 2020.

5. Кузнецов Н.А. "Энергоэффективность в строительстве". – М.: Энергия, 2021.

6. Стоимость тепловой изоляции для труб [Электронный ресурс]. – URL: <https://lunda.ru/search/?textPattern=тепловая+изоляция&partName=catalogue&page=1&limit=24&orderBy=POPULARITY&order=DESC&layout=tiles&facets=categories%3Ac1286%3B> (дата обращения: 25.01.2025).

Об авторах

Рычков Алексей Владимирович – магистрант кафедры теплогазоснабжения, вентиляции и водоснабжения, водоотведения, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: rychkovaleksey01@yandex.ru

Новиков Сергей Васильевич – канд. техн. наук, доцент кафедры теплогазоснабжения, вентиляции и водоснабжения, водоотведения, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: sergei.novikov1951@yandex.ru

Д.А. Сальников, О.С. Иванова

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИГРОВОГО СИМУЛЯТОРА АВТОМОБИЛЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА СЦЕПЛЕНИЯ ШИН С ДОРОГОЙ

Приведено описание принципа работы и адекватности имитации движения автомобиля в автосимуляторе Assetto Corsa. Рассчитан коэффициент сцепления шин автомобиля с дорогой. Погрешность измерений составила 6,5 %.

Ключевые слова: коэффициент сцепления, симулятор, автомобиль.

D.A. Salnikov, O.S. Ivanova

USING A GAME CAR SIMULATOR TO DETERMINE THE COEFFICIENT OF TIRES GRIP WITH THE ROAD

A description of the operating principle and adequacy of simulating car movement in the Assetto Corsa car simulator is given. The coefficient of adhesion of car tires to the road is calculated. The measurement error was 6.5%.

Keywords: adhesion coefficient, simulator, car.

В последние годы автопроизводители уделяют все большее внимание симуляторам. Доступность подобных систем значительно возросла, и они уже могут использоваться за пределами специализированных исследовательских комплексов. В упрощенном виде такие симуляции могут проводиться в реальном времени, хорошим примером чего являются автосимуляторы. Несмотря на упрощение и обобщение многих процессов, наблюдаемые закономерности могут дать правильное представление о результатах определенных изменений.

Согласно статье [1], в которой сравниваются различные современные автосимуляторы, одной из наиболее корректных физических моделей обладает симулятор, выпущенный в 2014 г. компанией Kunos, под названием Assetto Corsa (рис. 1). Исходя из этого, мы можем использовать его для проверки некоторых физических процессов с целью сравнения их с реальными показателями.

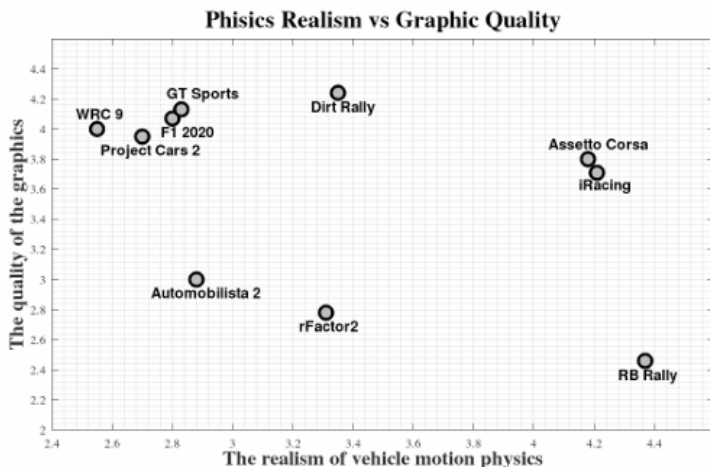


Рис. 1. Результаты сравнения симуляторов по показателям: качество графики и реалистичность физики

Объектом нашего исследования стало влияние давления шин на сцепление автомобиля с дорогой, так как сцепление – это комплексная характеристика, а разработчики автосимулятора не реализовали возможность снять конкретные показатели, проверка будет проводиться по нескольким тестам.

1. Тест поперечного сцепления будет выполняться на 1–6 поворотах трассы Nürburgring – Nordschleife, по фиксированной траектории с изменяющимся давлением шин при неизменных остальных параметрах.

Данный участок трассы был выбран, поскольку на нем мало серьезных разгонов-торможений, а также присутствуют как скоростные, так и медленные повороты, что позволит сделать более комплексную оценку.

Увеличение сцепления с дорогой позволит поддерживать более высокую скорость в поворотах, что, в свою очередь, сократит время прохождения участка.

2. Тест продольного сцепления будет выполняться на старт-финишной прямой Nürburgring GP по фиксированной траектории,

разгоном с 0 до 100 и последующим торможением до 0, при различных уровнях давления шин, при неизменных остальных параметрах. Для минимизации человеческого фактора будет использоваться система АБС с установленной средней настройкой.

Улучшение сцепления должно привести к сокращению времени разгона и торможения.

Для тестов был выбран автомобиль Toyota GT86. Каждый тест будет проведен три раза для минимизации случайных ошибок. Важно отметить, что устанавливаются именно начальные значения давления, в процессе теста оно может незначительно изменяться.

Сравним полученные нами результаты с эталонными данными, приведенными в статье, посвященной сцепным качествам дорожных покрытий [2]. Поскольку в оригинальной статье напрямую измеряется коэффициент сцепления, а наш результат получен косвенно и в секундах, для вычисления абсолютной погрешности мы применили метод стандартного отклонения и получили значение относительной погрешности 6,41 и 69,95 % для 1 и 2 графиков соответственно.

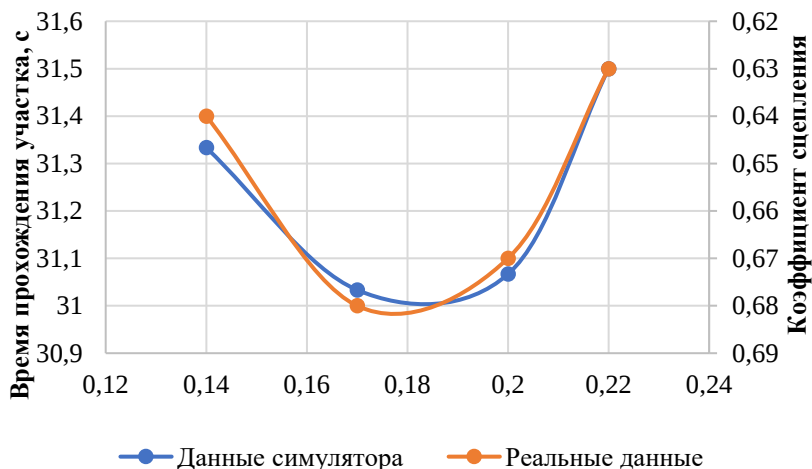


Рис. 2. Сравнение зависимости сцепления шин с дорогой от давления в шине при поперечном нагружении в симуляторе с реальной зависимостью

Наши результаты подтверждают, что современные автосимуляторы эффективно моделируют поведение резины автомобиля. Тем не менее упрощения, применяемые для обеспечения симуляции в реальном времени, приводят к некоторым неточностям. Таким образом, можно утверждать, что, хотя подобные симуляторы обладают ограничениями и не могут полностью заменить реальные испытания, они предоставляют полезные данные и способствуют улучшению понимания физических процессов, происходящих в автомобиле.

Список литературы

1. Higuera de Frutos S., Castro M. Assessing sim racing software for low-cost driving simulator to road geometric research // *Transportation Research Procedia*. – 2021. – Vol. 58. – P. 575–582.

2. Кузнецов Ю.В., Гассана И.У. Влияние температуры на коэффициент сцепления дорожного покрытия // *Проектирование автомобильных дорог: сб. докладов Междунар. конф. и 79-й Междунар. науч.-исслед. конф.* – 2021. – С. 115–127.

Об авторах

Сальников Дмитрий Алексеевич – студент гр. АТМ-23-16 кафедры автомобилей и технологических машин, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: koko.kids@yandex.ru

Иванова Ольга Сергеевна – ассистент кафедры автомобилей и технологических машин, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: ov4549725@gmail.com

В.А. Сачек, Д.А. Татьянников

РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОДДЕРЖАНИЮ СУЩЕСТВУЮЩЕГО ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЖИЛОГО ДОМА

Рассматривается проблема эксплуатации старого жилищного фонда. Указывается на рост объема аварийного жилья за последние 5 лет и предлагается способ решения проблемы – продление сроков эксплуатации домов, построенных по устаревшим типовым проектам. В качестве примера приводится серия 1-204-133, описываются наиболее часто встречающиеся дефекты старого жилищного фонда и их распределение по типу. Предлагаются мероприятия по устранению дефектов.

Ключевые слова: типовой проект, жилой дом, износ жилищного фонда, устранение дефектов, серия 1-204-133, аварийное жильё.

V.A. Sachek, D.A. Tatyannikov

DEVELOPMENT OF MEASURES TO MAINTAIN THE EXISTING TECHNICAL CONDITION OF A RESIDENTIAL BUILDING

This article discusses the problem of exploitation of old housing stock. The increase in the volume of emergency housing over the past 5 years is pointed out and a way to solve the problem is proposed - extending the service life of houses built according to outdated standard designs. Series 1-204-133 is given as an example; the most common defects in old housing stock and their distribution by type are described. Measures to eliminate defects are proposed.

Keywords: standard project, residential building, depreciation of housing stock, elimination of defects, series 1-204-133, emergency housing.

В современном мире существует множество реализованных типовых проектов, которые созданы по устаревшим нормативным базам, и они на текущее время имеют большой износ. На конец 2022 г. в России насчитывалось 23,4 млн м² аварийного жилья (0,6 % от жилфонда страны), а его объем за последние 5 лет вырос на 44 %. Продление сроков эксплуатации старого жилищного фонда может дать время для расселения [1].

Одним из таких проектов является серия 1-204-133, которая была разработана в прошлом веке архитекторами П.М. Аранович и Е.С. Савченко [2]. Она достаточно распространена в странах СНГ на постсоветском пространстве. Их количество составляет 185, конкретно в Пермском крае – 15 [3].

Целью данного исследования является разработка мероприятий по продлению времени эксплуатации дома, которые будут иметь невысокую стоимость, но приемлемое качество выполненных работ. Для этого выполнен сбор типовых дефектов, чтобы выявить наиболее встречающиеся и распределить их по типу: критические, значительные, некритические (таблица).

Дефекты конструкций здания

Наименование	Тип дефекта	Описание повреждений
Деревянное перекрытие	Критическое	Обрушение штукатурного слоя. Множественные трещины
Фундамент	Значительное	Мелкие трещины в кирпичном цоколе. Местные нарушения штукатурного слоя цоколя и стен. Отсутствуют продухи
Отмостка	Значительное	Отсутствие отмостки по периметру, провалы грунта
Наружные стены	Некритическое	Разрушение штукатурного слоя
Деревянные перегородки	Критическое	Гниение
Внутренние стены	Некритическое	Оголение дранки. Обрушение штукатурки
Деревянные полы	Критическое	Зыбкость
Крыша	Критическое	Отколы и трещины шиферного покрытия. Сквозные дыры. Наличие гнили на стропильной системе. Замачивание наружных стен
Балконные плиты	Критическое	Разрушение ж/б плиты. Коррозия металлических элементов

Из критических дефектов выбраны самые важные – деревянное перекрытие, кровля, балконные плиты.

Для устранения дефектов предложены следующие мероприятия:

1. Деревянное перекрытие – замена поврежденных элементов: сгнивших или деформированных балок, досок и настила. Укрепление конструкции: установка дополнительных опор, связей и креплений [4].

2. Кровля – ремонт или замена поврежденных участков; устранение протечек, трещин и разрывов. Обновление кровельного материала.

3. Балконные плиты – усиление конструкции, установка арматурных каркасов, бетонирование и восстановление. Или, при возможности, демонтаж конструкции.

Выбор мероприятий будет зависеть от результата обследования конструкций, требований безопасности, финансовой возможности.

Список литературы

1. Михеева О.М. Оценка состояния жилищного фонда в Российской Федерации // 47-е заседание Междунар. науч. конф. – Школы-семинара «Системное моделирование социально-экономических процессов» имени академика С.С. Шаталина. – Воронеж, 2024.

2. Аранович П.Н., Савченко Е.С. Проект № 133. Восемнадцатиквартирный двухэтажный кирпичный жилой дом // Государственное архитектурное издательство. – 1947.

3. PhotoBuildings [Электронный ресурс]. – URL: <https://photobuildings.com/projects/215/> (дата обращения: 13.02.2025).

4. Юдина А.Ф. Реконструкция перекрытий в зданиях старого жилого фонда методом облегченной конструкции // ИВД. – 2023. – № 3 (99).

Об авторах

Сачек Влада Александровна – магистрант кафедры строительного производства и геотехники, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: sachek.vlada@yandex.ru

Татьянников Даниил Андреевич – канд. техн. наук, доцент кафедры строительного производства и геотехники, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: tatiannikovda.spg@yandex.ru

Е.А. Сенокосов, Т.А. Белозёрова

**МОДЕРНИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ «МОКРОГО ФАСАДА»
В ЦЕЛЯХ СОКРАЩЕНИЯ ТРУДОЕМКОСТИ ПРОЦЕССА МОНТАЖА**

Проведен анализ технологий по фиксации утеплителя на стеновые панели с максимальным переносом производства в заводские цеха. Определена актуальность темы, рассмотрены возможные варианты создания монолитной конструкции «бетон – утеплитель», проанализированы достоинства и недостатки данных систем утепления зданий и сооружений.

Цель – разработка системы фиксации утеплителя на бетон для двухслойной панели серии «97-21» (бетон 160 мм + минераловатный утеплитель 180 мм), которую можно будет проводить в условиях производственного цеха.

Ключевые слова: термостенд, «мокрый фасад», базальтовый утеплитель, фиксирующие элементы.

E.A. Senokosov, T.A. Belozeroва

**MODERNIZATION OF THE "WET FACADE" TECHNOLOGY
IN ORDER TO REDUCE THE LABOR INTENSITY
OF THE INSTALLATION PROCESS**

This article analyzes the technologies for fixing insulation on wall panels, with the maximum transfer of production to factory workshops. The relevance of the topic is determined, possible options for creating a monolithic concrete – insulation structure are considered, the advantages and disadvantages of these systems for insulating buildings and structures are analyzed.

Objective: to develop a system for fixing insulation on concrete for a two-layer panel of the "97-21" series (concrete 160 mm + mineral wool insulation 180 mm), which can be carried out within the framework of the production workshop.

Keywords: thermal stand, "wet facade", basalt insulation, fixing elements.

Система «мокрого фасада» получила достаточное распространение в строительстве из-за своей простоты в исполнении и некоторых преимуществ по сравнению с другими методами. Суть состоит в том, что на строительную площадку привозят бетонные панели и отдельно базальтовый утеплитель. Когда заканчиваются работы по

устройству каркаса и ограждающих конструкций, должна быть произведена подготовка поверхности стеновой панели (очистка, выравнивание поверхности, удаление наплывов). На стеновую панель наносят сначала грунтовочный слой, специальный клей, а затем утеплитель. Работы ведутся вертикально и требуют дополнительного оборудования, температуры воздуха не менее 5 °С и контроля после каждой операции. [1] Авторами статьи предлагается перенести около 60 % работ в условия цеха, а на строительную площадку везти уже готовые стеновые панели с фиксированным утеплителем.

Система фиксации плит на производстве имеет широкий спектр преимуществ:

- независимость от климатических факторов: температуры воздуха (она должна быть не менее 5 °С), ветровых нагрузок, дождя, снега и др.;
- отпадает необходимость в дополнительном оборудовании, приспособлений, инструмента;
- снижается трудоемкость производственного процесса;
- необходимость проводить мероприятия по очистке панелей, а это достаточно дорогостоящие и ресурсоемкие методы;
- при фиксации утеплителя на производстве процесс будет проходить под надзором квалифицированных специалистов, что повысит качество выполненной работы.

Из минусов стоит отметить, что уже утепленные стеновые панели необходимо транспортировать на объект более аккуратно, чем неутепленные, ведь при повреждении утеплителя при транспортировке он уже не будет выполнять своих основных функций. Также необходимо выделить дополнительные площади для размещения необходимого оборудования, что может быть затруднительно на некоторых предприятиях, может потребоваться полное переоборудование уже имеющихся и налаженных технологических линий.

Первый предлагаемый способ фиксации утеплителя заключается в использовании рулонной пластиковой сетки с выступающими острыми элементами в виде игл, которая утапливается в железобетон до его затвердевания. После частичного затвердевания на них непосредственно надевается утеплитель, который фиксируется за

счет самих игл, а также не до конца затвердевшим бетоном, который выступает в некотором роде как склеивающий компонент. После затвердевания бетона стеновые панели получаются уже утепленные и готовые к транспортировке на объект и к монтажу. Вопрос транспортировки утепленных панелей можно решить использованием специальных фиксирующих устройств в виде металлических сварных каркасов, которые будут устанавливаться на транспорт во избежание придавливания утеплителя собственным весом панели. Возможен вариант использования упаковочной машины, аналоги таких установок уже применяются на многих предприятиях.

Второй способ заключается в использовании нестандартного способа тепловой обработки бетона – подогревом снизу на установке «Термостенд».

Прогреваемая формовочная поверхность используется для формирования и термообработки изделий сборного железобетона. Установка может сама отрабатывать цикл термообработки. Термостенд оснащается опалубкой, бетоноукладчиком и прочим полезным оборудованием [2].

На металлическое листовое покрытие укладывается опалубочная система (можно использовать магнитную опалубку). Под металлическим листовым покрытием размещены нагревательные элементы для подогрева пола и передачи тепла к свежееотформованному изделию для ускорения процесса набора прочности бетона. Затем укладывается утеплитель, все это накрывается специальным колпаком, не пропускающим тепло наружу, плоскость под панелью нагревается примерно до 50–60 °С, и на протяжении 12 ч происходит прогрев. Обработка водяным паром возможна, так как базальтовая вата является паропроницаемой. В процессе обработки образуется адгезионный слой, который играет роль склеивающего компонента, он фиксирует утеплитель по всей поверхности панели [3]. После 12 ч обработки готовую стеновую панель выгружают и подготавливают к транспортировке и монтажу на строительной площадке.

Чтобы гарантировать отсутствие деформаций утеплителя во время доставки на стройплощадку, можно применить дюбели тарельчатого типа в наиболее подверженных деформациям местах.

На основании проведенного анализа систем фиксации плит утеплителя на основе базальтового волокна можно сделать вывод, что обе системы являются значительным фактором модернизации производства. Усовершенствование технологии производства бетонных изделий позволит улучшить качество выпускаемой продукции, сократить трудоемкость процесса и перенести технологические операции со строительной площадки в производственные цеха.

Список литературы

1. СТО 43.34.10 «Устройство утепления фасадов зданий. Типовая технологическая карта на устройство утеплителя фасадов зданий с последующей отделкой по технологии «мокрый фасад» [Электронный ресурс] // SmartSegment. – URL: <https://smartsegment.ru/wp-content/uploads/2020/07/STO-43-34-10-mokry-fasad.pdf> (дата обращения: 25.02.2025).

2. Приволжский центр «Строительные технологии» [Электронный ресурс] // ПЦ-СТ. – URL: <https://pc-st.ru/news/a-chto-takoe-termostend/> (дата обращения: 25.02.2025).

3. Баженов Ю.М. Технология бетона. – М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2002. – 410 с.

Об авторах

Сенокосов Егор Алексеевич – студент кафедры строительного инжиниринга и материаловедения, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: senokosov69@gmail.com

Белозёрова Татьяна Аркадьевна – старший преподаватель кафедры строительного инжиниринга и материаловедения, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: bta.perm@mail.ru

Н.С. Сергеева, А.Е. Семина

РЕВИТАЛИЗАЦИЯ СКВЕРА ИМЕНИ ЮРИЯ КАЛАЧНИКОВА В ГОРОДЕ ПЕРМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОСЕТЕЙ

Исследуются возможности применения нейронных сетей на примере проекта ревитализации сквера имени конструктора Юрия Калачникова в г. Перми. Для создания проекта сквера нейронные сети применяются для решения нескольких задач: на этапе создания концепции путем ввода промта в определенной нейросети и последующей выборки удачных визуализаций, соответствующих тематике сквера; на этапе визуализации полученного рендера модели сквера. Показано применение нейронных сетей как инструмента для создания проектов ревитализации парков и скверов. Статья будет полезной для архитекторов, дизайнеров, урбанистов и исследователей, интересующихся развитием городских скверов и приданию им новых смыслов.

Ключевые слова: архитектурно-градостроительное проектирование, нейронные сети, дизайн архитектурной среды.

N.S. Sergeeva, A.E. Semina

REVITALISATION OF THE YURI KALACHNIKOV SQUARE IN PERM USING NEURAL NETWORK

This paper explores the possibilities of applying neural networks on the example of the project of revitalisation of the public garden named after the designer Yuri Kalachnikov in Perm. Neural networks are applied to the creation of the public garden project to solve several tasks: at the stage of concept creation by entering a prompt in a certain neural network and subsequent selection of successful visualisations corresponding to the subject of the public garden; at the stage of visualisation of the obtained rendering of the public garden model. The article shows the application of neural networks as a tool for creating revitalisation projects for parks and public gardens. The article will be useful for architects, designers, urbanists and researchers interested in the development of urban public gardens and giving them new meanings.

Keywords: artificial intelligence, architectural and urban planning, neural networks, design of Architectural Environment.

Актуальность данной работы заключается в применении новых инструментов в проектировании парковых пространств, которые нуждаются в переосмыслении для повышения привлекательно-

сти для жильцов района, включением новых функций и современного дизайна. Нейронные сети постепенно внедряются в процессы проектирования на всех стадиях. При создании проектов парковых пространств нейросети – инновационный инструмент, который не только помогает при создании концепции и поиске идей, но применяется и при обработке изображений для представления проекта.

Стандартный проект ревитализации сквера или парка включает в себя следующие этапы: фотофиксацию, градостроительный анализ, составление концепции, функциональное зонирование, разработку зон парка, моделирование и постобработку.

Традиционный процесс проектирования совершенствуется путем внедрения нейросетей на этапах составления концепции и постобработки получившейся модели. Для определения нейронных сетей, подходящих каждому этапу, была проведена выборка нейросетей, соответствующих целям вышеперечисленных этапов (таблица).

Нейросети, внедряемые на этапах составления концепции проекта и постобработки модели

Название нейросети	Задачи	Ссылка на нейросеть
Нейроплод	Генерирует изображение по запросу	https://nplod.ru/index.html [1]
Midjourney 6.1	1. Генерирует изображение по запросу/фото. 2. Соединяет изображения	https://gptunnel.ru/c/6763a8c5684ecf2f8dea31e3 [2]
Gendo AI	3D-визуализация по описанию/изображению	https://www.gendo.ai/#Pricing [3]
Stable Diffusion	1. Генерирует изображение по запросу/фото. 2. Соединяет изображения. 3. Визуализирует существующее изображение	https://stability.ai/stable-image [4]

Для создания концепции были использованы нейросети: Stable Diffusion, Нейроплод, Midjourney 6.1.

Процесс работы на этапе поиска концепции заключался в обработке нейросетью промтов.

Для поиска планировки сквера и доминанты парка вводился промт: «Вид на парк сверху. Планировка парка в виде паутины. Доминанта парка – фонтан в архитектурном стиле «Советский конструктивизм». Малые архитектурные формы обтекаемой формы. Над парком проходят тропинки, по которым ходят люди между деревьями».

Для поиска малой архитектурной формы (лавочки) вводился промт: «Лавочка обтекаемой формы в архитектурном стиле «Биотек».

Полученные изображения были использованы при составлении концепции сквера и представлены на рисунке.

Финальная визуализация выполнялась на основе модели сквера, выполненной в программе ArchiCAD. Для обработки визуализации была применена нейросеть Gendo AI. В нейросеть был загружен рендер сквера, созданный в программе ArchiCAD, недостатком которого является низкое качество проработки текстур покрытий. На выходе получилось изображение с проработанными текстурами, представленное на рисунке. Далее выполнялась постобработка в нейросети Gendo AI, которая аналогична по качеству обработке визуализатора в программе Photoshop, только преимущество работы нейросети заключается в быстром получении визуализации без трудозатрат.



Рис. Концепция сквера и его финальная визуализация, выполненные с применением нейросетей

Использование нейросетей в настоящее время очень актуально в проектировании, так как этот инновационный подход сокращает время, затраченное на создание проекта, снабжает архитектора подходящими идеями для создания концепций.

Список литературы

1. НейроПлод – онлайн-генератор изображений и видео с помощью нейросетей [Электронный ресурс]. – URL: <https://nplod.ru/index.html> (дата обращения: 25.01.2025).
2. GPTunnel: официальный доступ к ChatGPT, Claude, Gemini, MidJourney [Электронный ресурс]. – URL: <https://gptunnel.ru/c/6763a8c5684ecf2f8dea31e3> (дата обращения: 25.01.2025).
3. Gendo. AI for architecture [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.gendo.ai/#Pricing> (дата обращения: 25.01.2025).
4. Stability AI Image Models – Stability AI [Электронный ресурс]. – URL: <https://stability.ai/stable-image> (дата обращения: 25.01.2025).

Об авторах

Сергеева Наталья Сергеевна – магистрант кафедры архитектуры и урбанистики, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: svetlanalana_97@mail.ru

Семина Анастасия Евгеньевна – канд. архитектуры, доцент кафедры архитектуры и урбанистики, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: semina.ae@yandex.ru

Е.Д. Сидоров, М.Г. Бояршинов, Ю.А. Щукин

ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПАРКОВОЧНОГО ПРОСТРАНСТВА

Федеральным законом «Об организации дорожного движения в РФ и о внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ» определены полномочия органов власти и местного самоуправления по организации дорожного движения и обеспечению его эффективности, в том числе в отношении парковок общего пользования и платных парковок. Целью исследования является изучение количественных характеристик функционирования парковочных мест. Основное внимание уделено таким параметрам, как количество парковочных сессий, изменение заполняемости парковочных мест, продолжительность размещения автомобилей на парковочных местах, интенсивность въезда и выезда, а также оборачиваемость парковочных мест. Объект исследования – процессы функционирования парковочного пространства. Предмет исследования – особенности функционирования парковочного пространства. Данные для исследования получены с использованием стационарного измерительного программно-технического комплекса «Азимут ДТ», контролирующего движение автотранспортных средств по парковочной территории непрерывно в течение всего периода наблюдения.

Ключевые слова: парковочное пространство, заполняемость парковочного пространства, продолжительность парковки автомобилей.

E.D. Sidorov, M.G. Boyarshinov, Yu.A. Shchukin

FEATURES OF FUNCTIONING OF PARKING SPACE

The Federal Law "On the Organization of Road Traffic in the Russian Federation and on Amendments to Certain Legislative Acts of the Russian Federation" defines the powers of government bodies and local governments to organize road traffic and ensure its efficiency, including in relation to public and paid parking. The objective of the study is to study the quantitative characteristics of the functioning of parking spaces. The main attention is paid to such parameters as the number of parking sessions, changes in the occupancy of parking spaces, the duration of placement of vehicles in parking spaces, the intensity of entry and exit, as well as the turnover of parking spaces. The object of the study is the processes of functioning of the parking space. The subject of the study is the features of the functioning of the parking space. The data for the study were obtained using the stationary measuring software and

hardware complex "Azimuth DT", which monitors the movement of vehicles in the parking area continuously throughout the entire observation period.

Keywords: parking space, occupancy of the parking space, duration of vehicle parking.

В условиях увеличения количества автомобилей в г. Перми проблема эффективного управления парковочными пространствами становится все более актуальной. Понимание взаимосвязи между интенсивностью автомобильного потока на основных дорогах и на парковках поможет в управлении парковочными пространствами, более точного расчета затрат на строительство и снижении заторов.

На ряде объектов парковочной инфраструктуры г. Перми для контроля времени въезда автомобиля на объект и выезда с нее установлены стационарные измерительные программно-технические комплексы (КИПТ) «Азимут ДТ» [1], предназначенные для распознавания государственных регистрационных знаков, марок, моделей, цвета и категории транспортных средств, фиксации моментов времени въезда на парковку и выезда с нее и некоторых других временных и пространственных характеристик. Данные КИПТ «Азимут ДТ» поступают в центр хранения и обработки информации непрерывно в режиме реального времени, что позволяет получать достоверные сведения о характеристиках функционирования исследуемого парковочного пространства.

В выбранный произвольно день (среда, октябрь 2023 г.) на территории парковки зафиксировано 205 парковочных сессий. Максимальное количество автомобилей, одновременно находившихся на территории парковки в течение суток, равно 25. Среднесуточное время нахождения транспортных средств на парковочной территории равно 56,8 мин. Среднее время парковки, при ее продолжительности не более 60 мин, составило 17,4 мин. Наибольшая продолжительность стоянки составила 10 час 31 мин. Наименьшая продолжительность стоянки – 1 мин 31 с. В этот день наибольшее число автомобилей (148 от общего зафиксированного количества 205 автотранспортных средств, или 72,1 %) находились на территории парковки не более 60 мин. Для парковок продолжительностью не более 60 мин количество автомобилей, находившихся на парковочной территории от 5 мин до 10 мин, равно 45 (22 % всех парковочных сессий), или 30,4 % автомобилей, находившихся на территории парковки в пределах 60 мин. Заезжали на парковку на время менее 5 мин

20 автомобилей, или 8,8 % всех парковочных сессий, в течение рассматриваемых суток [2].

В результате обработки данных установлено, что практически все измеренные показатели функционирования рассмотренного парковочного пространства зависят от времени (квартала) года, что необходимо учитывать при проектировании, размещении, планировании и организации функционирования парковочных пространств.

Удельная генерация корреспонденций и необходимое число парковочных машино-мест вблизи центров массового тяготения чувствительны к особенностям городской территории и существенно различаются по регионам страны.

Целесообразно распространить методику изучения и опыт получения характеристик парковочного пространства на исследование показателей функционирования плоскостных, перехватывающих и многоуровневых парковок, расположенных вблизи центров массового тяготения иного назначения и структуры.

Список литературы

1. КИПТ «Азимут ДТ» [Электронный ресурс]. Технологии безопасности дорожного движения. – URL: <https://tbdd.ru/node/265> (дата обращения: 11.02.2025).

2. Бояршинов М.Г., Щукин Ю.А. Особенности функционирования придорожного парковочного пространства // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2024. – № 6. – С. 89–108.

Об авторах

Сидоров Евгений Дмитриевич – магистрант кафедры автомобилей и технологических машин, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, evgehasmit@yandex.ru

Бояршинов Михаил Геннадьевич – д-р техн. наук, профессор кафедры автомобилей и технологических машин, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: mgboyarshinov@pstu.ru

Щукин Юрий Алексеевич – аспирант кафедры автомобилей и технологических машин, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, cshukin-yura@mail.ru

М.П. Ситкина, С.А. Сазонова

ВЫБОР МЕТОДА УСИЛЕНИЯ БУТОВОГО ФУНДАМЕНТА

Для осуществления нормальной эксплуатации строительного объекта необходимо производить оценку состояния фундамента и в случае необходимости применять технологии, направленные на его усиление. Рассмотрен случай применения метода инъектирования тела бутового фундамента. Приведен результат расчета усиления бутового фундамента методом устройства железобетонной обоймы и методом устройства буроинъекционных свай. Выполнено технико-экономическое сравнение вариантов для определения наиболее оптимального метода усиления бутового фундамента.

Ключевые слова: бутовый фундамент, усиление фундаментов, инъектирование, железобетонная обойма, буроинъекционная свая.

M.P. Sitkina, S.A. Sazonova

SELECTION OF STRENGTHENING METHODS THE RUBBLE FOUNDATION

In order to ensure normal operation of a building, it is necessary to assess the condition of the foundation and, if necessary, apply technologies aimed at strengthening it. The article contains a case of using the rubble foundation body injection method. The calculation results of strengthening a rubble foundation by installing a reinforced concrete banquet and by installing drill-injection piles is given. An economic comparison of options is made to determine the most optimal method for strengthening a rubble foundation.

Keywords: rubble foundation, strengthening of foundation, injection, reinforced concrete banquet, drill-injection piles.

При длительной эксплуатации зданий и сооружений могут возникнуть различные повреждения и деформации фундаментов, оказывающие негативные воздействия на здание в целом. На долговечность системы «основание – фундамент» влияют факторы, связанные с изменением грунтовых условий, динамическими воздействиями, влиянием грунтовых вод, а также снижение прочности материала фундамента [1]. Следовательно, при обнаружении

неблагоприятных изменений состояния фундамента необходимо провести мероприятия, направленные на его сохранение и восстановление прочностных характеристик. Таким образом, усиление фундаментов эксплуатируемых зданий в настоящее время является актуальным вопросом.

Выбор метода усиления фундамента зависит от инженерно-геологических условий, влияния окружающей застройки и степени износа фундамента. Объектом для вариантного проектирования методов усиления фундамента является двухэтажное здание общественного назначения сложной конфигурации в плане, построенное в 1916 г. Фундамент здания – ленточный бутовый, шириной от 720–910 мм. Грунты основания сложены из мелкого песка, пластичной супеси и текучепластичного суглинки.

Для оценки состояния фундамента было проведено обследование, в ходе которого обнаружено выщелачивание цементного раствора из швов бутовой кладки, а также частичное проседание фундамента. Состояние фундамента оценивается как ограниченно-работоспособное, следовательно, необходимы мероприятия для усиления фундамента.

На первом этапе технико-экономического обоснования произведена проверка бутовой кладки на сжатие, так как за длительный срок эксплуатации она утратила свою структурную целостность, что может привести к возникновению внутреннего напряженного состояния и развитию собственных деформаций фундамента [2].

По результатам расчета выявлено, что среднее давление на фундамент от существующих нагрузок превышает расчетное сопротивление бутовой кладки. Следовательно, необходимы мероприятия, направленные на восстановление тела фундамента. Для повышения несущей способности выбран способ инъектирования кладки. Инъектирование бутового фундамента производится за счет нагнетания через пакеры цементного раствора в тело фундамента под рабочим давлением, равным 2 атм. В результате инъектирования конструкция бутового фундамента обладает такими характеристиками, как целостность, повышенная прочность и долговечность [3].

На втором этапе технико-экономического обоснования произведен расчет бутового фундамента по деформациям. Так как среднее

давление под подошвой фундамента превышает расчетное сопротивление грунта основания, необходимо произвести усиление системы «основание – фундамент».

Для достижения данной цели предварительно выбрано два варианта усиления фундамента: устройство двухсторонней железобетонной обоймы и устройство буроинъекционных свай. Оба способа направлены на увеличение несущей способности бутового фундамента и повышение его прочностных характеристик. Для выбранных технологий выполнены соответствующие расчеты и конструирование. Технологические решения по усилению бутового фундамента, принятые по результатам расчета, сведены в таблицу.

Сравнительный анализ вариантов усиления бутового фундамента

Сравнительная характеристика	Устройство двусторонней железобетонной обоймы	Устройство буроинъекционных свай
Геометрические параметры	Ширина обоймы 200 мм с каждой стороны фундамента	Длина свай 3 м, диаметр 150 мм
Взаимное расположение	Ленточное, вдоль всего фундамента	В шахматном порядке с шагом 0,8 м
Материал	Бетон В20	Бетон В20
Армирование	Сварные сетки с ячейкой 100×100 мм, А240 Ø6 мм	Сварной арматурный каркас А400 Ø12 мм, длина 2 м

Вышеперечисленные варианты усиления бутового фундамента являются эффективными методами, которые широко применяются на практике и обеспечивают надежность и устойчивость системы «основание – фундамент». Поэтому в целях выбора оптимального метода усиления было произведено экономическое сравнение двух вариантов.

Локальный сметный расчет выполнен ресурсно-индексным методом с определением текущих цен с применением Сплит-формы

на 4 квартал 2024 г. для Пермского края. Сметная стоимость рассчитана на один погонный метр производства работ. Стоимость работ по устройству железобетонной обоймы составила 26 428,66 руб. Стоимость работ по устройству буроналивных свай составила 10 868,44 руб.

Результат сметного расчета наглядно показывает, что при данных инженерно-геологических условиях и действующих нагрузках наиболее экономичным вариантом усиления бутового фундамента исследуемого здания будет являться метод устройства буроналивных свай.

Таким образом, применен комплексный подход к выбору метода усиления бутового фундамента, при котором произведен расчет технических параметров и решений, а также произведена оценка экономической целесообразности.

Список литературы

1. Ситкина М.П. Анализ методов усиления бутового фундамента // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. – 2024. – Т. 1. – С. 42–46.
2. Колмогорова С.С. Оценка характеристик бутовой кладки фундамента // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2006. – № 3 (8). – С. 72–78.
3. Носков И.В., Ананьев С.А. Теория и практика инъектирования цементного раствора в закрепляемые основания сооружений с крупным заполнителем // Ползуновский Вестник. – 2017. – № 1. – С. 95–99.

Об авторах

Ситкина Маргарита Павловна – магистрант кафедры строительного производства и геотехники, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: sitkina.rita0507@gmail.com

Сазонова Светлана Александровна – старший преподаватель кафедры строительного производства и геотехники, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: feliks150@mail.ru

Д.А. Скворцова, Е.Н. Акбулякова

**АНАЛИЗ НОРМАТИВНЫХ ЗНАЧЕНИЙ МЕХАНИЧЕСКИХ
ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЮВИАЛЬНЫХ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ
ГОРОДА ПЕРМИ**

Данная статья посвящена вопросу изучения механических свойств элювиальных аргиллитов и алевролитов г. Перми. Статья представляет собой анализ результатов обработки отчетов по результатам инженерно-геологических изысканий, проведенных на территории г. Перми и Пермского края. Большое внимание уделяется важности учета местных особенностей аргиллитов и алевролитов для проектирования и строительства в регионе. Утверждается, что в г. Перми нормативные значения механических характеристик элювиальных аргиллитов и алевролитов занижены из-за трещиноватости и выветрелости. Авторы отмечают, что полученные данные обеспечат надежность и долговечность зданий и сооружений. Статья представляет интерес для проектировщиков и строителей Пермского края.

Ключевые слова: элювиальный грунт, аргиллит, алевролит, механические характеристики, инженерно-геологические изыскания, коэффициент пористости.

D.A. Skvortsova, E.N. Akbulyakova

**ANALYSIS OF STANDARD VALUE OF THE MECHANICAL
CHARACTERISTICS OF ELUVIAL CLAY SOILS OF PERM CITY**

The article is dedicated to the issue of study of the mechanical characteristics of eluvial claystone and siltstone in Perm city. The article represents an analysis of the results of processing reports on geotechnical surveys conducted in Perm city and Perm Region. Much attention is given to the importance of allowance of the local features of eluvial claystone and siltstone for the design and construction in the region. It is claimed that in Perm the standard values of mechanical characteristics of eluvial claystone and siltstone are underestimated because of their fracturing and weathering. The authors mention that these findings will ensure the reliability and durability of buildings and structures. The article is of interest for designers and constructors of Perm Region.

Keywords: eluvial soil, claystone, siltstone, mechanical characteristics, geotechnical surveys, porosity coefficient.

1. На территории Пермского края широко распространены элювиальные глинистые грунты осадочных пород, таких как аргиллиты и алевролиты. Эти грунты зачастую служат основанием для свайных фундаментов зданий и сооружений в г. Перми [1]. Особенностью таких грунтов является то, что они подвержены выветриванию и при воздействии воды теряют прочность, размягчаются. Значения механических свойств таких грунтов могут различаться для разных регионов России. Это связано с различными условиями формирования грунтов и их геологической историей. В СП 22.13330.2016 [2] приведены усредненные нормативные значения, которые не всегда учитывают местные особенности грунтов регионов. Данные нормативные значения механических характеристик грунтов могут применяться для предварительных расчетов на объектах пониженного уровня ответственности, где детальные инженерно-геологические изыскания не проводились.

2. Целью данной работы являлось сравнение значений модуля деформации, угла внутреннего трения и удельного сцепления элювиальных аргиллитов и алевролитов г. Перми с нормативными значениями по СП 22.13330.2016. Для определения средних значений удельного сцепления, угла внутреннего трения и модуля деформации было обработано 112 отчетов с результатами инженерно-геологических изысканий, выполненных в г. Перми. Из них в 60 отчетах были исследованы аргиллиты и алевролиты, залегающие на глубине от 2,5 до 30 м. Результаты анализа инженерно-геологических отчетов в г. Перми в сравнении с данными из СП 22.13330.2016 приведены в таблице.

3. Анализ отчетов по инженерно-геологическим изысканиям показал, что значения механических характеристик элювиальных аргиллитов и алевролитов пород территории г. Перми занижены по сравнению с данными, приведенными в СП 22.13330.2016. Так, удельное сцепление грунта элювиальных аргиллитов и алевролитов в г. Перми в среднем меньше в 1,47 раз. Угол внутреннего трения при коэффициенте пористости равном 0,55 совпадает с нормативным значением [2], при коэффициентах пористости 0,65 и 0,75 – в 1,05 раз больше, при коэффициенте пористости равном 0,45 – в 1,26 раз меньше. Что касается модуля деформации для

элювиальных аргиллитов и алевролитов г. Перми, то его значения меньше в 1,08–1,67 раз.

Нормативные значения удельного сцепления, угла внутреннего трения и модуля деформации элювиальных глинистых грунтов

Характеристика грунта	Значения характеристик грунтов при коэффициенте пористости e , равном				
	0,45	0,55	0,65	0,75	0,85
Удельное сцепление, кПа	35 (58)	32 (48)	28 (40)	27 (35)	– (31)
Угол внутреннего трения, град.	23 (29)	24 (24)	22 (21)	20 (19)	– (17)
Модуль деформации, МПа	15 (25)	16 (21)	15 (17)	12 (13)	9 (10)

Примечание: в скобках представлены нормативные значения механических характеристик аргиллитово-алевролитовых пород по СП 22.13330.2016 «Основания зданий и сооружений».

4. В рассмотренных отчетах наиболее часто встречаются элювиальные аргиллиты и алевролиты с коэффициентом пористости в диапазоне 0,55–0,65 д. е. Стоит отметить, что с увеличением глубины залегания значение коэффициента пористости уменьшается, поскольку с глубиной снижаются трещиноватость и степень выветрелости элювиальных грунтов [3]. Это приводит к увеличению значений механических характеристик элювиальных аргиллитов и алевролитов.

5. По результатам инженерно-геологических изысканий среднее значение коэффициента выветрелости составляет 0,67 д. е. Это позволяет сделать вывод, что аргиллитово-алевролитовые породы г. Перми сильнотрещиноватые и сильновыветрелые, что приводит к заниженным значениям их прочностных и деформационных характеристик [4].

6. В результате проведенного исследования получены уточненные нормативные значения механических характеристик

для элювиальных глинистых грунтов осадочных аргиллитов-алевролитовых пород на территории г. Перми. Использование полученных данных поможет обеспечить надежность и безопасность возводимых объектов, снизить риски, связанные с возможными деформациями и разрушением фундаментов, а также продлить срок службы зданий и сооружений.

Список литературы

1. Ибламинов Р.Г., Алванян А.К. Региональная минерагения общераспространенных полезных ископаемых зоны сочленения Восточно-Европейской платформы и Уральской складчатой области (на примере Пермского края) // Вопросы современной науки и практики. – 2009. – № 9. – С. 152–161.
2. СП 22.13330.2016 «Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83* (с изм. № 1, 2, 3, 4)». – М.: Стандартинформ, 2017. – 228 с.
3. Пономарев А.Б., Сычкина Е.Н. Сопоставление механических свойств аргиллитов раннепермского возраста по результатам полевых и лабораторных испытаний // Вестник МГСУ. Основания и фундаменты, подземные сооружения. – 2013. – № 2 – С. 55–63.
4. Сычкина Е.Н., Офрихтер Я.В., Антипов В.В. Прогноз длительной осадки свай на песчаниках и аргиллитоподобных глинах пермского возраста // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. – 2019. – Т. 10, № 2. – С. 5–13.

Об авторах

Скворцова Дария Александровна – магистрант кафедры строительного производства и геотехники, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: dasha.skvortsova.2002@gmail.com

Акбулякова Евгения Николаевна – канд. техн. наук, доцент кафедры строительного производства и геотехники, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: aspirant123@mail.ru

О.Н. Тархова

ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕРРИТОРИИ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ В ЛЕНИНСКОМ РАЙОНЕ ГОРОДА ПЕРМИ

Рассматриваются современные методы комплексного благоустройства территории для применения на конкретном участке в г. Перми. Разработаны вариант концепции сквера и предложения по его проектированию на территории в границах улиц Пушкина – Попова – Революции – Куйбышева в Ленинском районе города.

Ключевые слова: комплексное благоустройство территории, организация общественных пространств, комфортная городская среда.

O.N. Tarkhova

ORGANIZATION OF THE COMMON AREA IN THE LENINSKY DISTRICT OF PERM

Modern methods of complex landscaping for use on a specific site in Perm are considered in this article. The variant of the concept of the park and proposals for its design on the territory within the boundaries of Pushkina – Popova – Revolyutsii – Kuibysheva streets in the Leninsky district of the city have been developed.

Keywords: complex landscaping, organization of public spaces, a comfortable urban environment.

В современном мире все больше внимания уделяются созданию такой среды, которая была бы функциональной, комфортной, но и в то же время безопасной с точки зрения всех аспектов. Для решения данной задачи применяется такое направление, как комплексное благоустройство территорий, которое включает в себя различные мероприятия, в том числе использование новых технологий, обеспечивающих улучшение состояния участка. Данная концепция позволяет обеспечить комфортные условия для всех категорий населения с учетом различных аспектов [1]. В связи с этим при строительстве и

реконструкции возникает проблема использования методов комплексного благоустройства с учетом окружающей застройки.

Одна из освободившихся территорий в Ленинском районе г. Перми требует комплексного подхода при планировании благоустройства в связи с ее расположением в центре города и развитой инфраструктурой вокруг. Необходимо найти новое назначение участку в границах ул. Пушкина – Попова – Революции – Куйбышева в связи со строительством и сдачей в эксплуатацию новой современной инфекционной больницы.

Инфекционная больница на данном участке существует с 1876–1917 гг., когда этот квартал еще не был центром г. Перми. На территории в 2,7 га располагается 12 деревянных и кирпичных корпусов, многие из которых уже находятся в аварийном состоянии [2]. Еще в 1970-х гг. властями города поднимался вопрос о реконструкции корпусов, и часть из них была перестроена в каменные, но в целом проблему это не решило. О планах по строительству новой инфекционной больницы стало известно в 2013 г. Был разработан проект здания, строительство велось более двух лет, стоимость возведения превысила 5 млрд руб. После ввода в эксплуатацию новой больницы в июле 2024 г. стало необходимо найти новое назначение освободившемуся кварталу в Ленинском районе.

Данная территория важна с точки зрения организации пешеходно-транспортного сообщения, ведь она является входом в Ленинский район, являющийся центральным для г. Перми. По ул. Пушкина, Попова, Революции, Куйбышева проходит достаточное количество маршрутов общественного транспорта, а площадь Центрального рынка – это востребованный пересадочный пункт. Данными участками улиц также активно пользуются водители индивидуального транспорта. Проектируемая территория включена в две функциональные зоны – СТН-В (зона многофункциональной застройки срединной части города) и ТСП-ОД (общественно-деловая, специализированная зона) [2].

На месте снесенных корпусов инфекционной больницы, по заявлениям краевых властей, планируется благоустройство территории. Согласно нормативной документации, площадь территории

парков, садов и скверов следует принимать, га, не менее: городских парков – 15, парков планировочных районов – 10, садов жилых районов – 3, скверов – 0,5 (для условий реконструкции – не менее 0,1) [3]. Площадь отведенного под благоустройство участка составляет 2,7 га, следовательно, он будет классифицирован как сквер.

Во всех крупных городах общественные объекты инфраструктуры должны быть выполнены в одном стилистическом направлении для организации различных, но и в то же время упорядоченных пространств. В г. Перми таким документом служит «Дизайн-код общественных пространств Перми» [4]. С помощью материалов и цветов оформляется пространство, а декорируется природными фактурами и орнаментами. Выбранные цвета соответствуют главным символам Пермского края, а именно Пермскому периоду, соли, меди, окружающей природе [4].

Тематикой сквера выбран Пермский период – единственный, название которому дано в честь географического объекта на территории России. Период начался 298 млн лет назад и длился около 40 млн лет. В г. Очер в Пермском крае есть парк, посвященный данной тематике, а в г. Перми подобного объекта на сегодняшний нет.

Наиболее рациональной для существующего участка является схема расположения основных дорожек таким образом, что они радиально расходятся от центра территории, соединяя при этом противоположные углы квартала. Это решение помогает максимально сократить путь пешеходам. По заявлению властей, планируется снос всех старых корпусов инфекционной больницы за исключением одного каменного здания. Это «Здание клиники инфекционных болезней, где работал Г.В. Флейшер», которое включено в реестр памятников архитектуры регионального значения, поэтому в соответствии с п. 13 ст. 18 № 73-ФЗ «Об объектах культурного наследия народов РФ» [5] сносить его нельзя. Данный корпус, согласно тематике сквера, можно переоборудовать под музей Пермского периода.

По функциональному назначению территория сквера поделится на шесть зон – зону тихого отдыха с ротондой и фонтаном, спортивную зону с волейбольной, баскетбольной и тренажерной

площадками, располагающуюся со стороны существующего стадиона, детскую зону с песочницей, качелями и игровым комплексом, изолированную со всех сторон от улиц, зону для прогулок, музейную зону и парковку, предусмотренную со стороны ул. Куйбышева, в связи с нехваткой парковочных мест в данном районе. Схема зонирования территории по функциональному назначению представлена на рисунке. Основной формой объектов будет круг – это отсылка к древности, в частности к аммонитам – древним вымершим предкам моллюсков. Эту форму поддержит также ротонда – один из основных символов города.

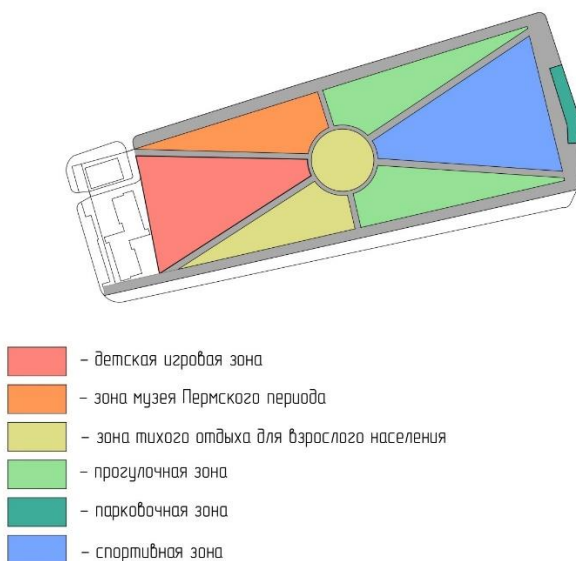


Рис. Схема функционального зонирования сквера

Центральным объектом сквера будет светомузыкальный фонтан, в котором освещение и движение воды программируются в такт звучащей музыке. По всей территории будут установлены арт-объекты в виде скульптур представителей флоры и фауны Пермского периода с информацией о них на рядом установленных стендах.

Еще одной отсылкой к древности можно считать лабиринт из живой изгороди в детской зоне, ведь первые подобные объекты появились еще в XVI в. Живая изгородь из кустарников также будет располагаться вдоль всех основных дорожек. По границам сквера планируется высадка лиственных деревьев с пышной кроной – это барьер от шума и грязи автомобилей, ведь сквер находится в центре густонаселенного города. Пространство также будет дополнено цветниками.

Одной из выявленных проблем участка является отсутствие пешеходных переходов в средней части квартала, поэтому возможным решением может быть надземный переход по ул. Революции, так он соединит центральную часть сквера и ТЦ «Семь пятниц».

Таким образом, при применении методов комплексного благоустройства на конкретном участке в Ленинском районе г. Перми образуется пространство, которое обладает индивидуальностью, но при этом находится в гармонии с инфраструктурой города. Территория при таком подходе безопасна со всех точек зрения, комфортна для различных групп населения, эстетична и выразительна.

Список литературы

1. Терешкин А.В., Варфоломеева Д.С. Современный подход к комплексному благоустройству городской среды и дворовых территорий // Энигма. – 2020. – № 25. – С. 1–6.

2. Проект планировки территории и проект межевания территории площади Центрального рынка, ул. Революции на участке от площади Центрального рынка до ул. Куйбышева, ул. Куйбышева на участке от ул. Луначарского до ул. Революции, ул. Пушкина от площади Центрального рынка до Комсомольского проспекта в Ленинском, Свердловском районах Перми 05/01-129/2. – МКУ «Институт территориального планирования». – Пермь, 2021.

3. СП 42.13330.2016 «СНиП 2.07.01-89* Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений» (Приказ Минстроя России от 30 декабря 2016 г. № 1034/пр) [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/upload/iblock/165/sp-42.pdf> (дата обращения: 01.02.2025).

4. Дизайн-код общественных пространств Перми [Электронный ресурс]. – URL: https://permgenplan.ru/wp-content/uploads/2022/07/Концепция_ДК_Общественных_пространств.pdf (дата обращения: 01.02.2025).

5. Федеральный закон «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации» от 25.06.2002 № 73-ФЗ [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/901820936?ysclid=m6qj9xwafa598301408> (дата обращения: 01.02.2025).

Об авторе

Тархова Ольга Николаевна – магистрант кафедры строительного производства и геотехники, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: olgatarhova7@gmail.com

Секция 6. ЦИФРОВИЗАЦИЯ, АВТОМАТИЗАЦИЯ И МЕХАНИЗАЦИЯ

УДК 65.011.56

И.В. Адищев

СОВРЕМЕННЫЕ АДсорбЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОЧИСТКЕ ВОДОРОДА: КЛАССИФИКАЦИЯ, ФАКТОРЫ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

В статье рассматриваются принципы короткоциклового адсорбции как метода очистки водорода, его промышленное применение и классификация адсорбционных технологий. Анализируются ключевые факторы эффективности процесса. Особое внимание уделено современным тенденциям в области короткоциклового адсорбции.

Ключевые слова: короткоцикловая адсорбция, PSA, VPSA, RPSA, TPSA, чистота водорода, извлечение водорода, энергоэффективность, цифровое моделирование, углеродная нейтральность.

I.V. Adischev

MODERN ADSORPTION TECHNOLOGIES IN HYDROGEN PURIFICATION: CLASSIFICATION, EFFICIENCY FACTORS AND DEVELOPMENT PROSPECTS

The article deals with the principles of short-cycle adsorption as a method of hydrogen purification, its industrial application and classification of adsorption technologies. The key factors of process efficiency are analyzed. Special attention is paid to the current trends in the field of short-cycle adsorption.

Keywords: short-cycle adsorption, PSA, VPSA, RPSA, TPSA, hydrogen purity, hydrogen recovery, energy efficiency, numerical modeling, carbon neutrality.

Короткоцикловая адсорбция (КЦА) является одной из ключевых технологий, используемых для очистки водорода. Водород высокой чистоты необходим для множества промышленных процессов, включая нефтепереработку, химическую промышленность, металлургию и производство электроэнергии [1].

Цель данной работы – анализ процесса адсорбции, классификации адсорбционных технологий, видов адсорбентов. А также анализ тенденций и перспектив развития процесса.

Основные задачи исследования:

- 1) провести обзор основных промышленных применений КЦА и его роли в очистке водорода;
- 2) изучить классификацию адсорбционных технологий и виды используемых адсорбентов;
- 3) определить ключевые факторы эффективности КЦА;
- 4) выявить современные тенденции и перспективы развития КЦА, включая автоматизацию и цифровое моделирование.

Адсорбция – это процесс накопления молекул газа или жидкости на поверхности твердого тела. В зависимости от природы взаимодействий адсорбция делится на два типа: физическая и хемосорбция [2].

Основные адсорбционные технологии:

– PSA (Pressure Swing Adsorption) – адсорбция с изменением давления. Метод PSA основан на изменении давления в адсорбционной колонне для разделения газов. Он широко применяется для выделения водорода и удаления примесей [3];

– VPSA (Vacuum Pressure Swing Adsorption) – вакуумная адсорбция. В отличие от PSA метод VPSA использует вакуумный этап для регенерации адсорбента, что позволяет снижать энергозатраты [4];

– RPSA (Rapid Pressure Swing Adsorption) – быстрый цикл КЦА. Метод RPSA отличается короткими циклами адсорбции-десорбции, что увеличивает производительность процесса [5];

– TPSA (Temperature Swing Adsorption) – адсорбция с изменением температуры. TPSA использует изменения температуры для регенерации адсорбента, что делает его подходящим для разделения газов с высокой прочностью связывания молекул с поверхностью.

Виды адсорбентов:

– адсорбенты различаются по пористой структуре и механизму селективного поглощения газов;

– цеолиты применяются для удаления кислородсодержащих соединений, активированные;

- угли для поглощения углеводов;
- алюмогель для осушки газов.

Ключевыми факторами эффективности процесса КЦА являются чистота водорода (Purity), степень извлечения водорода (Recovery), энергоэффективность.

В последние годы активно развивается автоматизация процессов, включая внедрение цифровых двойников и систем управления на основе машинного обучения. Программное обеспечение, такое как ruAPER, позволяет автоматизировать подготовку симуляций и оптимизацию параметров адсорбционных процессов.

Исследования показывают, что применение многослойных адсорбентов в колоннах PSA может существенно повысить эффективность разделения газовых смесей. Многослойные системы позволяют лучше регулировать кинетику массопереноса и селективность адсорбции, снижая потери ценных компонентов.

Использование КЦА в энергетике и промышленности играет важную роль в снижении выбросов парниковых газов. Так, например, вакуумная адсорбция (VPSA) позволяет извлекать и концентрировать CO₂, что делает возможным его последующее утилизацию или хранение в рамках концепции Carbon Capture and Storage (CCS).

Список литературы

1. Ишин А.А. Математическое моделирование и управление процессом получения водорода методом адсорбционного разделения газовой смеси: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06. – Тамбов, 2017. – 145 с.
2. Никифоров И.А. Адсорбционные методы в экологии: учеб. пособие. – Саратов, 2011. – 45 с.
3. Optimization of hydrogen purification via vacuum pressure swing adsorption / W.-H. Chen, W.-H. Chen, R.-Y. Chein, A.T. Hoang, K. Manatura, S.R. Naqvi // Energy Conversion and Management: X. – 2023. – Vol. 20, art. 100459. DOI: 10.1016/j.ecmx.2023.100459
4. Hydrogen production from low pressure coke oven gas by vacuum pressure swing adsorption / J. Wang, X. Chen, T. Du, L. Liu, P.A. Webley, G.K. Li // Chemical Engineering Journal. – 2023. –

Vol. 472, art. 144920. DOI: 10.1016/j.cej.2023.144920

5. Parallel and series multi-bed pressure swing adsorption processes for H₂ recovery from a lean hydrogen mixture / Y. Park, J.-H. Kang, D.-K. Moon, Y.S. Jo, C.-H. Lee // Chemical Engineering Journal. – 2021. – Vol. 408, art. 127299. DOI: 10.1016/j.cej.2020.127299

Об авторе

Адищев Илья Владимирович – аспирант кафедры оборудования и автоматизации химических производств, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: 123-ilya-123@bk.ru

Н.Н. Анашкин

БАЗА ДАННЫХ ОБОРУДОВАНИЯ И МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЛЕНТОЧНЫХ ТРАНСПОРТЕРОВ

В статье рассмотрена структура и примеры баз данных для оптимизации процессов проектирования ленточных конвейеров. Применение баз данных позволяет выполнить стадии разработки оборудования в рамках стандартизированного подхода и автоматизации, сократить сроки и повысить качество принятия решений.

Ключевые слова: ленточные конвейеры, база данных, машины непрерывного транспорта, системный анализ.

N.N. Anashkin

DATABASE OF EQUIPMENT AND MATERIALS FOR BELT CONVEYOR DESIGN

The article discusses the structure of a database for optimizing the design processes belt conveyors. The use of a database allows you to complete the stages of equipment development within the framework of a standardized approach and automation, reduce time and improve the quality of decision-making.

Keywords: belt conveyors, database, continuous transport machines, system analysis.

Требования к выполнению качества проектных работ являются достаточно жесткими и требуют от разработчиков не только использования накопленного опыта, применения эффективных решений, современных материалов и оборудования, обеспечивающего необходимые показатели и минимального времени на выполнение работ [1].

Самым эффективным способом выполнения вышеуказанных требований является применение информационных технологий, в частности, баз данных (БД) [2] со структурированной информацией о материалах и оборудовании, используемых при проектировании ленточных транспортеров. Описываемый случай предполагает, что вся необходимая информация (стандарты, справочники, каталоги и т.п.) содержится в одном источнике [3].

С целью достижения вышеуказанных требований к качеству проектных работ на примере конвейера на модульной ленте разрабо-

тана структура БД (рисунок) оборудования (табл. 1), изделий и материалов (табл. 2), являющаяся основой для создания системы автоматизированного проектирования машин непрерывного транспорта.

Разработка БД на данном этапе необходима не столько ради информационной поддержки специалистов, сколько для создания логической и физической моделей данных со стороны информационного моделирования, принципов системного анализа и оптимизации производства. Табличная структура данных широко используется в процессе проектирования и подбора оборудования [4].

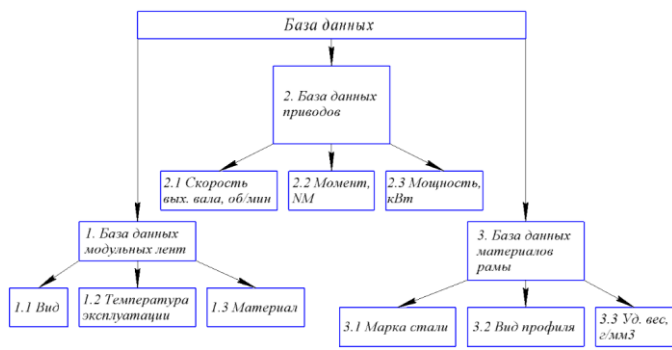


Рис. Пример структуры БД для проектирования ленточного транспортера

Таблица 1

Экземпляр БД с вариантами подбора модульной ленты ленточного транспортера

№ п/п	Материал	Макс. тяговая сила кг/м ширины	Вес ленты, кг/м ²
1	Полиэтилен (РЕ)	600	4,5
2	Полиэтилен (РЕ)	800	5
3	Полипропилен (РР)	600	4,5
4	Полипропилен (РР)	800	5
5	Полиацеталь (РОМ)	600	5
6	Полиацеталь (РОМ)	1450	6

Таблица 2

**Экземпляр БД с вариантами подбора мотор-редуктора
ленточного транспортера**

№ п/п	Скорость вых. вала, об/мин	Мо- мент, НМ	Мощ- ность, кВт	Модель двигателя	Модель редук- тора	Передач- ное число
1	186,7	4	0,09	56В-4	ВОХ025	7,5
2	3,5	279,8	0,18	63В-4	ВОХ030	400
3	186,7	11,2	0,25	71А-4	ВОХ040	7,5
4	1,9	1567,6	0,55	80А-4	ВОХ050	750
5	28	540,3	2,2	100LA-4	ВОХ150	50
6	56	759,7	5,5	132S-4	ВОХ130	25

В настоящее время на всех стадиях разработки оборудования целесообразно получать, использовать и хранить информацию только в электронном виде, что полностью обеспечивается представленной выше БД. При этом предлагаемая БД позволяет не просто систематизировать и ускорить поиск используемых данных, но и, самое главное, автоматизировать и (или) упростить принятие интеллектуальных решений по многим вопросам проектирования.

Список литературы

1. Анашкин Н.Н. Модели и алгоритмы расчета характеристик лент конвейерного транспорта // Аэрокосмическая техника, высокие технологии и инновации 2022: материалы XXIII Всерос. науч.-техн. конф. г. Пермь. 16–18 нояб. 2022 г. –Екатеринбург, 2022. – С. 22–23.
2. Рытиков А.В. Проектирование баз данных для автоматизированных систем учета // Экономика и социум. – 2024. – № 12–1 (127). – С. 1043–1045.
3. Боровский А.В., Раковская Е.Е., Бисикало А.Л. Кластеризация информации баз данных оборудования // Известия БГУ. – 2016. – № 5. – С. 805–810.

4. Мешалкин В.П., Мошев Е.Р., Аристов В.М. Основы цифровизированной интегрированной логистической поддержки химико-технологических систем: учеб. пособие. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2023. – 401 с.

Об авторе

Анашкин Николай Николаевич – старший преподаватель кафедры оборудования и автоматизации химических производств, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: tocross@yandex.ru

Л.А. Беспалюк, Н.П. Букалова

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМАХ ВНУТРЕННЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ И КАНАЛИЗАЦИИ

В статье рассматривается применение современных программных решений, такого как «Умная вода», в процессе проектирования инженерных систем водоснабжения. Данный инструмент предлагает инновационный подход к анализу и оптимизации работы систем водоснабжения, что позволяет повысить эффективность проектирования и эксплуатации систем.

Описываются ключевые аспекты, такие как гидравлические расчеты, оценка качества воды, а также влияние различных факторов на эффективность работы систем. Программа позволяет визуализировать процессы и предсказывать поведение систем в различных условиях эксплуатации.

Статья подчеркивает значимость использования этой программы в контексте устойчивого управления водными ресурсами, а также их роль в снижении затрат на проектирование. Приведенный пример успешного применения данного инструмента в различных проектах демонстрирует потенциал для улучшения проектных решений и повышения общей эффективности инженерных систем.

Ключевые слова: моделирование процессов, программное обеспечение, анализ распределения воды, безопасность водоснабжения.

L.A. Bespalyuk, N.P. Bukalova

APPLICATION OF SORBENTS FROM WASTE FROM THE TIMBER INDUSTRY FOR THE PURIFICATION OF OIL-CONTAINING WASTEWATER

The article discusses the use of modern software solutions, such as "Smart Water", in the process of designing water supply engineering systems. This tool offers an innovative approach to analyzing and optimizing the operation of water supply systems, which allows for increased efficiency in designing and operating systems.

Key aspects such as hydraulic calculations, water quality assessment, and the influence of various factors on the efficiency of systems are described. The program allows for visualization of processes and prediction of system behavior under various operating conditions.

The article emphasizes the importance of using this program in the context of sustainable water management, as well as its role in reducing design costs. The given

example of successful application of this tool in various projects demonstrates the potential for improving design solutions and increasing the overall efficiency of engineering systems.

Keywords: process modeling, software, water distribution analysis, water supply safety.

«Умная вода» обладает инструментами, которые помогают оценивать эффективность работы систем, выявлять узкие места и прогнозировать возможные проблемы. Это особенно важно для принятия управленческих решений на основе статистических данных. Программа помогает разработать оптимальные схемы распределения воды, основываясь на данных, заносимых проектировщиком согласно исходным данным. Это способствует уменьшению затрат и сохранению водных ресурсов.

В связи с тем, что «Умная вода» является сертифицированной программой, расчеты трассировок могут быть использованы для предоставления экспертизы. Однако большинство информационных моделей зданий выполняются в программе Revit, которую невозможно напрямую интегрировать с «Умной водой». Для решения этой задачи был разработан плагин, позволяющий конвертировать BIM-модели из формата Revit в формат Renga, что обеспечивает возможность загрузки в расчетную программу.

Хотя в «Умной воде» допускается ручной ввод данных, его применение для сложных объектов нерационально. Разработка плагина позволила автоматизировать этот процесс, что значительно ускорило выполнение расчетов.

Для сравнительного анализа были проведены расчеты как в ручном режиме согласно СП 30.13330.2020, так и с помощью «Умной воды». Результаты показали следующее:

1. Диаметры и скорости движения воды, рассчитанные вручную, оказались завышенными, что увеличивает запрашиваемые данные в техусловиях.

2. Расчет конфигурации балансировочных клапанов и мест их установки в «Умной воде» демонстрирует более точные значения и меньший запас по количеству, что влечет за собой экономию на строительстве.

3. Внесение изменений в проект в ручном режиме требует значительных временных затрат. В «Умной воде» корректировки вносятся оперативно, сокращая время на переработку данных.

Возможность заполнения общих данных в «Умной воде» помогает учитывать индивидуальные особенности материалов и оборудования, что приводит к более точным итоговым значениям и минимизирует необходимость в дополнительных запасах повышающих коэффициентов, в расчетах, положительно влияя на технико-экономические показатели.

Таким образом, использование «Умной воды» в сочетании с разработанным плагином обеспечивает высокую точность расчетов, оперативность работы и экономическую выгоду, существенно превосходя традиционные методы.

Интеграция «Умной воды» в проектирование инженерных систем водоснабжения позволяет значительно повысить скорость и точность разработки проекта.

Ошибки при ручном расчете могут составлять от 10 до 20 %, в зависимости от предположений и использованных коэффициентов. Также программа использует современные алгоритмы и базу данных, что позволяет снизить погрешности.

Итоговые цифры показателей проведенного анализа:

- точность расчета в «Умной воде» выше ручного расчета на 10–20 %;
- время расчета в ручном режиме, больницы на 100 человек – 3 недели, при использовании «Умной воды» – 3–5 дней;
- внесение корректировок в ручном режиме – 3–5 дней, при использовании «Умной воды» – мгновенно.

Таким образом, использование программы «Умная вода» дает значительные преимущества по точности расчетов, скорости выполнения, возможности анализа и снижению издержек, что делает ее более эффективным инструментом по сравнению с традиционными ручными методами.

Список литературы

1. Кузнецов А.В. Инновационные технологии в управлении

водными ресурсами. – М.: Наука, 2020. – 250 с.

2. Петров И.С. Устойчивое управление водоснабжением: современные подходы и решения. – СПб.: Экология, 2019. – 180 с.

3. Сидоров М.А. Автоматизация систем водоснабжения: от теории к практике. – Екатеринбург: Урал, 2021. – 320 с.

4. Иванова Е.Н. Анализ и оптимизация водных ресурсов с использованием программного обеспечения. – Новосибирск: Сибирь, 2022. – 210 с.

5. Смирнов Д.В. Интеллектуальные системы управления водными ресурсами: опыт и перспективы. – Казань: Татарстан, 2023. – 300 с.

Об авторах

Беспалюк Лариса Александровна – магистрант кафедры теплогазоснабжения, вентиляции и водоснабжения, водоотведения, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: larabespalyk@yandex.ru

Букалова Наталья Павловна – канд. техн. наук, доцент кафедры теплогазоснабжения, вентиляции и водоснабжения, водоотведения, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: bukalova.n.p@mail.ru

В.Р. Вершинина, М.А. Ромашкин

ПРОБЛЕМАТИКА ВЫБОРА ТЕПЛООБМЕННОГО АППАРАТА ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ ГАЗА ЖИДКОСТЬЮ

В работе приведена проблематика выбора теплообменного оборудования для охлаждения газа жидкостью на установке дегидрирования этилбензола. Предлагается конструктивное решение для реализации теплообменного процесса с учетом особенностей рабочих сред и технологического процесса.

Ключевые слова: дегидрирование, теплообменное оборудование, теплообмен, охлаждение, кожухотрубчатый теплообменник.

V.R. Vershinina, M.A. Romashkin

THE PROBLEM OF CHOOSING A HEAT EXCHANGER FOR COOLING GAS WITH LIQUID

The paper presents the problem of selecting heat exchange equipment for cooling gas with liquid at an ethylbenzene dehydrogenation plant. A design solution is proposed for implementing the heat exchange process taking into account the characteristics of the working environments and the technological process.

Keywords: dehydrogenation, heat exchange equipment, heat exchange, cooling, shell and tube heat exchanger.

Выбор наиболее подходящей конструкции теплообменного аппарата для реализации теплообменного процесса является вопросом, на который можно ответить, опираясь на факторы как анализа имеющихся альтернативных вариантов конструктивного исполнения аппарата, так и результатов их технико-экономического расчета. При этом следует учитывать не только свойства теплоносителей, но и особенности эксплуатации и ремонта различных конструкций аппарата.

В настоящей статье приведены результаты решения вопроса по выбору конструкции нового теплообменного аппарата для охлаждения газа жидкостью, предназначенного для установки дегидрирования этилбензола АО «Сибур-Химпром».

Данная технологическая установка функционирует с целью

для получения стирола путем каталитического дегидрирования этилбензола под вакуумом. Технологический процесс включает в себя следующие стадии: испарение и перегрев этилбензольной шихты; перегрев водяного пара; каталитическое дегидрирование этилбензола в стирол под вакуумом в адиабатических реакторах радиального типа с промежуточным подогревом контактного газа; охлаждение и конденсация контактного газа, компримирование несконденсированного газа; отстой и разделение конденсата; абсорбцию ароматических углеводородов из абгаза [1].

Кроме бензола, толуола, метана, водорода, образуется ряд высококипящих продуктов за счет конденсации ароматических углеводородов [1].

Реакция процесса дегидрирования является эндотермической (тепловой эффект реакции дегидрирования 30 ккал/моль), поэтому для ее протекания необходим подвод тепла. Теплоносителем процесса является водяной пар. Подача пара в смеси с этилбензольной шихтой приводит также к снижению парциального давления процесса дегидрирования этилбензола, что способствует сдвигу равновесия реакции в сторону образования стирола. Кроме того, водяной пар сокращает до минимума побочные реакции и удаляет углерод, образующийся в процессе реакции на поверхности катализатора. [1]

Также для реализации технологического процесса установке необходимо обеспечить охлаждение контактного газа, который находится под рабочим давлением, равным 37 000 Па. В состав контактного газа входят такие компоненты, как водород, метан, этан, пропан, бутан и пентан.

На данный момент процесс охлаждения реализуется с помощью холодной оборотной воды. Вода как охлаждающий агент характеризуется положительными свойствами и отрицательными воздействиями. К положительным свойствам можно отнести высокую теплоемкость и большой коэффициент теплоотдачи. Вода может оказать несколько негативных воздействий на применяемое теплообменное оборудование. К негативным воздействиям относятся [2]:

- коррозионное и эрозионное воздействия, которые на длительном отрезке времени приводят к уменьшению толщины стенок

элементов теплообменного оборудования, что может привести к его разрушению и пропускам рабочих сред в окружающую среду;

- образование накипи, что снижает эффективность процесса теплопередачи;

- возможность образования гидравлического удара, приводящего к деформации или разрушению элементов теплообменного аппарата;

- тепловые деформации, которые вызывают трещины и повреждения в материалах теплообменного оборудования.

Также следует учитывать рекомендации для выбора теплообменного оборудования [2], а именно то, что при теплообмене между двумя жидкостями или двумя газами возможна установка секционных теплообменников или многоходовых аппаратов; если условия теплообмена по обе стороны теплопередающей поверхности различны по роду теплоносителя (газ и жидкость), то наиболее предпочтительны трубчатые теплообменники.

В каждом случае необходимо отдавать предпочтение теплообменникам, которые являются максимально простыми по конструкции и наиболее экономичными по используемым материалам. Сложные устройства следует выбирать только при наличии обоснованной необходимости.

На основе вышеизложенного авторы полагают, что для охлаждения газа жидкостью на установке дегидрирования этилбензола АО «Сибур-Химпром» возможно применить многоходовой кожухотрубчатый теплообменный аппарат. Выбор именно этого конструктивного исполнения сделан на основе того, что кожухотрубчатые аппараты [3] характеризуются достаточной эффективностью, достаточно просты в обслуживании, ремонте и чистке теплообменных поверхностей. Это важно для применяемого охлаждающего агента (вода), которая имеет коррозионную активность и вероятность образования накипи на поверхностях теплообмена.

При этом следует отметить, что предлагаемое техническое решение обладает и следующими объективными недостатками: значительными габаритными размерами, металлоемкостью.

По результатам проведенных технологических, гидравлических и прочностных расчетов для реализации процесса охлаждения контактного газа водой на установке дегидрирования этилбензола АО «Сибур-Химпром» рекомендуется кожухотрубчатый теплообменник со следующими параметрами: поверхность теплообмена 961 м²; длина трубок 9 м; число трубок 1701 шт.; внешний диаметр трубок 20 мм; толщина стенки трубок 2 мм; число ходов по трубному пространству 1 шт.; число ходов по межтрубному пространству 15 шт.; диаметр кожуха 1,2 м.

Авторы полагают, что удобство обслуживания и высокая надежность предлагаемого варианта теплообменного оборудования имеют большее значение, особенно для применения на установке дегидрирования этилбензола, где технологические среды характеризуются значительной токсичностью, пожаро- и взрывоопасностью.

Список литературы

1. Инструкция ПЭСП-Т-1 по эксплуатации установки дегидрирования этилбензола производства этилбензола, стирола и полистирола.
2. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: Химия, 2004 – 751 с.
3. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. – Л.: Химия, 1981. – 560 с.

Об авторах

Вершинина Виктория Романовна – студентка кафедры технологических машин и оборудования, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: vershinina.vr@gmail.com

Ромашкин Макар Андреевич – канд. техн. наук, доцент кафедры оборудования и автоматизации химических производств, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: t_romash_63@mail.ru

Г.В. Владыкин, Б.И. Стародубцев

ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ОБСЛУЖИВАНИЯ АППАРАТОВ ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ

Рассмотрены проблемы, влияющие на производительность аппаратов воздушного охлаждения, способы их своевременного обнаружения и устранения. Наибольшее внимание было уделено проблеме работы аппаратов воздушного охлаждения в летний период, во время которого падает производительность.

Ключевые слова: теплоноситель, аппарат воздушного охлаждения, летний режим, загрязнение.

G.V. Vladykin, B.I. Starodubtsev

PROBLEMS OF OPERATION AND MAINTENANCE OF AIR COOLING DEVICES

The paper considers the problems affecting the performance of air cooling devices, ways to detect and eliminate them in a timely manner. The greatest attention was paid to the problem of the work of the air cooling devices in the summer, during which productivity decreases.

Keywords: coolant, air cooling unit, summer mode, pollution.

Правильная эксплуатация и обслуживание теплообменной аппаратуры – важные факторы в работе предприятия, потому что от этого зависят реализуемые мощности, заложенные в проектной документации.

В настоящей статье приведены проблематика и решения аппаратов воздушного охлаждения, расположенных на холодильной станции АО «Сибур-Химпром». Данная станция обеспечивает потребность холода двух производств на предприятии. Аппараты воздушного охлаждения требуются для снижения температуры хладоносителя конденсаторного контура с холодильной машины.

Для охлаждения этиленгликоля, циркулирующего в трубном пространстве, применяют аппараты воздушного охлаждения (АВО) (рис. 1). Основной принцип работы заключается в передаче тепла от

теплоносителя через стенки труб к окружающему их воздуху, что приводит к снижению температуры жидкости.

При использовании аппаратов воздушного охлаждения ключевым элементом является процесс обмена тепла между нагретым теплоносителем и проходящим по аппарату потоком воздуха. Эта система находит широкое применение в химической и нефтехимической отрасли, где необходимо эффективное охлаждение рабочих сред [1].

Ниже представлены основные проблемы АВО, связанные с эффективностью процесса охлаждения.

1. Необходимость обеспечения достаточно потока воздуха, который будет обеспечивать эффективный теплообмен между теплоносителем и воздухом. При недостаточном воздушном потоке процесс охлаждения может быть недостаточно эффективным, что приведет к понижению производительности системы. Нужно учитывать наличие вблизи объектов, препятствующих хорошей циркуляции воздуха.

2. Загрязнение оребренных труб взвешенными пылевыми частицами в воздухе и отложение различного рода на внутренней стороне трубок аппарата, что также может снизить эффективность охлаждения. Если блок работает в грязных условиях, требуется регулярное проведение технического обслуживания теплообменника. Пыль, которая накапливается на ребрах, можно удалить промышленным пылесосом со стороны входа воздуха или путем промывки ребер водой, предпочтительно в направлении, противоположном направлению воздушного потока.

В настоящее время представлен современный способ чистки внешней поверхности оребренных труб путем размещения под теплообменными трубками секции труб с форсунками, которые будут выполнять функцию из очистителя. Необходимо отметить, что данная процедура чистки производится без остановки АВО, а это один из главных плюсов предлагаемой технологии. Также к достоинствам можно отнести возможности автоматизации. При впрыске воды в поток воздуха она испаряется, понижая его температуру до температуры мокрого термометра и повышая эффективность охлаждения [3].

3. Несвоевременное техническое обслуживание. На примере АВО 09GHCAE-306-7 (см. рис. 1) визуальный контроль состояния блоков и вентиляторов осуществляется один раз в месяц; проверка крепления блоков, вентиляторов, двигателей вентиляторов и защитных решеток вентиляторов осуществляется один раз в месяц; визуальный контроль чистоты и состояния теплообменника осуществляется один раз в месяц [4].

4. Работа в летний режим – основная проблема аппарата, установленного на холодильной станции. Повышенная температура окружающей среды может снизить эффективность охлаждения воздухом, поскольку разница между температурой горячего теплоносителя и окружающего воздуха уменьшается. Примеры борьбы с понижением производительности в летний режим [5]:

1. Решение заключается в установке системы разбрызгивания воды (рис. 2). Система разбрызгивания воды позволяет сглаживать кратковременные пики нагрузки, возникающие в летнее время. Недостатком такой системы является то, что они могут регулировать только кратковременные скачки температуры. Такая система не подходит в нашем случае из-за того, что летом температура окружающей среды близка к температуре охлаждаемого вещества.



Рис. 1. Аппарат воздушного охлаждения



Рис. 2. Система разбрызгивания

2. Установка дополнительной линии (байпасная линия) или замена на кожухотрубчатый холодильник. На примере холодильной станции данный способ охлаждения продукта в кожухотрубчатом

теплообменнике оборотной водой наиболее подходящий, так как температура оборотной воды составляет 10° . В подтверждение этому были проведены технологический, гидравлический и прочностной расчеты. Объемная модель спроектированного теплообменника показана на рис. 3.

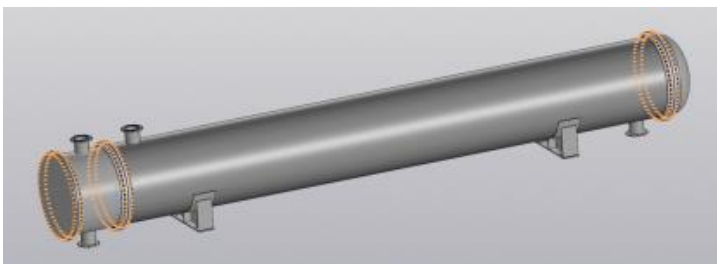


Рис. 3. 3D-модель кожухотрубчатого холодильника

Таким образом, по результатам проведенных расчетов для безотказной и эффективной работы холодильной станции на производстве пластификаторов и 2-этилгексанола АО «Сибур-Химпром» рекомендуется заменить аппарат воздушного охлаждения на кожухотрубчатый холодильник со следующими параметрами: поверхность теплообмена 893 м^2 ; длина трубок 9 м; число трубок 1580 шт.; внешний диаметр трубок 20 мм; толщина стенки трубок 2 мм; число ходов по трубному пространству 4 шт.; диаметр кожуха 1,2 м. В настоящее время эти аппараты играют важную роль в жизни предприятий, исключаются затраты на водоподготовку и ее перекачку, отсутствуют проблемы с коррозией, появляются современные разработки по очищению оребренной поверхности, рассмотренные выше, позволяющие сделать работу АВО еще более эффективной и сократить участие человека в чистке трубного пучка.

Авторы полагают, что удобство обслуживания и высокая надежность предлагаемого варианта теплообменного оборудования имеют большее значение для применения на холодильной станции, которая обеспечивает холодом два производства, требуется достаточное охлаждение в конденсаторном контуре.

Список литературы

1. Кунтыш В.Б. и Бессонный А.Н. Основы расчета и проектирования теплообменников воздушного охлаждения: справочник. – СПб.: Недра, 1996. – 512 с.
2. ГОСТ Р 51364-99 «Аппараты воздушного охлаждения. Общие технические условия». – М.: Изд-во стандартов, 1999. – 63 с.
3. Акулов К.А., Голик В.В., Пономарева Т.Г. Очистка аппаратов воздушного охлаждения газа // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 12–3. – С. 453–456
4. Руководство по эксплуатации градирни воздушного охлаждения 09GH [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.comfortplus.ru/userfiles/files/09LH-GH%20IOM.pdf?ysclid=magztgxo3b270411646> (дата обращения: 16.01.2025).
5. Крюков Н.П. Аппараты воздушного охлаждения. – М.: Химия, 1983. – 168 с.

Об авторах

Владыкин Григорий Витальевич – студент кафедры оборудования и автоматизации химических производств, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: grisha-vladykin02@mail.ru

Стародубцев Борис Игоревич – канд. техн. наук, доцент кафедры конструкций автобронетанковой техники, Пермский военный институт войск национальной гвардии Российской Федерации, e-mail: starbor45@gmail.com

П.С. Галкин, А.М. Бургунутдинов

**ПРИМЕРЫ ВНЕДРЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА
ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ОБЪЕКТОВ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА
В ПЕРМСКОМ КРАЕ**

Приведены примеры внедрения электронного документооборота при реализации объектов капитального строительства.

Ключевые слова: строительство, качество строительных работ; электронный документооборот.

P.S. Galkin, A.M. Burgonutdinov

**EXAMPLES OF THE INTRODUCTION OF ELECTRONIC DOCUMENT
MANAGEMENT IN THE IMPLEMENTATION OF CAPITAL
CONSTRUCTION PROJECTS**

The article examples of the introduction of electronic document management in the implementation of capital construction projects.

Keywords: construction, quality of construction work; electronic document management.

В настоящее время ведение исполнительной документации в электронном виде – ключевая тенденция в управлении данными при реализации объектов капитального строительства. Электронный документооборот повышает эффективность процессов, снижает затраты и улучшает прозрачность управления проектами.

Согласно приказу Минстроя России № 344/пр от 16 мая 2023 г., появилась возможность перевести исполнительную документацию из бумажного вида в цифровой. Это открывает новые горизонты для результативного управления информацией.

Система электронного документооборота (СЭД) позволяет автоматизировать обработку с унифицированными формами КС-2 и КС-3 (документы о приемке выполненных работ), в результате чего уменьшаются трудовые затраты инженеров, связанные с бюрократическим аспектом строительства. Кроме того, СЭД позволит ускорить работу с со сметами, спецификациями, отчетами и подготовкой исполнительной документации, необходимой для сдачи работ.

В рамках данной статьи был проведен сбор информации об объектах транспортной инфраструктуры Пермского края, реализованной с применением СЭД.

На сегодняшний день в Пермском крае был реализован лишь один объект капитального строительства в транспортной инфраструктуре с применением СЭД, а именно «Реконструкция мостового перехода через р. Лариха на км 17+996 автомобильной дороги Оханск – Б. Соснова в Оханском районе Пермского края». Работы по реконструкции были проведены в 2023 г. Заказчиком работ выступало Краевое государственное бюджетное учреждение «Управление автомобильных дорог и транспорта» Пермского края, подрядчиком работ выступало ООО «ТехДорГрупп».

СЭД была организована на программном обеспечении «Клевер», разработанном ООО «Интелкон». Данное программное обеспечение включено в Единый реестр российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных.

По итогу завершения реконструкции вышеуказанного объекта был проведен опрос специалистов производственно-технического отдела подрядной организации. Инженерный состав, занимающийся подготовкой исполнительной документации и ее приемкой, отмечает, что внедрение СЭД позволило снизить трудозатраты на подготовку исполнительной документации.

Оформление и проверка актов освидетельствования скрытых работ и всех прилагаемых к ним документов (схем, протоколов испытаний и документов о качестве) в СЭД позволили исключить из данного процесса печать бумажной документации и логистические издержки, связанные с ее подписью.

Согласно анализу тестового внедрения СЭД, можно отметить следующие положительные моменты:

- сокращение времени на передачу и согласование исполнительной документации между заказчиком и подрядчиком на 75 % [4];
- увеличение производительности труда инженерного состава производственно-технического отдела по созданию исполнительной документации на 25 % [5];
- снижение затрат на хранение бумажных экземпляров исполнительной и иной документации на 80 % [5].

Подводя итог, стоит отметить, что применение СЭД положи-

тельно влияет на производительность организации. При этом, несмотря на явные преимущества цифрового управления документами при реализации объектов капитального строительства, строительная отрасль в Пермском край значительно отстает в его внедрении по сравнению с другими секторами.

Список литературы

1. Варфоломеева В.А., Иванова Н.А. Электронный документооборот, его преимущества, недостатки, риски // Журнал прикладных исследований. – 2022. – № 6–3. – С. 192–197.
2. Сабитова С.О., Яценко Е.Д., Махов И.Д. Управление проектом в строительной отрасли с использованием BIM-технологий // Журнал прикладных исследований. – 2023. – № 4. – С. 93–98.
3. Викторов М.Ю., Ларионов А.Н., Власенко В.А. Современная проблематика цифровизации строительства: актуальные направления и методический инструментарий // Информационные и телекоммуникационные технологии. – 2022. – № 53. – С. 57–64.
4. Жарков С.Ю. Система электронного документооборота на основе облачных технологий для сферы строительства и реконструкции // Нанотехнологии: наука и производство. – 2021. – № 1. – С. 6–19.
5. Коптяев В.А. Обоснование внедрения электронного документооборота с целью усовершенствования подготовки и ведение исполнительной документации // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2023. – № 11–2 (105). – С. 68–72.

Об авторах

Галкин Павел Сергеевич – аспирант кафедры автомобильных дорог и мостов, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: galkin.pavel.serg@yandex.ru

Бургутдинов Альберт Масугутович – д-р техн. наук, профессор, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: burgonutdi-nov.albert@yandex.ru

А.И. Галышкин, Е.Р. Мошев

РАЗРАБОТКА ИНТЕРАКТИВНОЙ МОДЕЛИ СПРАВОЧНИКА ПО СВОЙСТВАМ ВЕЩЕСТВ

Рассматриваются потенциальные преимущества создания справочника, в котором особое внимание уделяется элементам, используемым в трубопроводах и аппаратах. Благодаря легкому доступу к информации о свойствах различных веществ и расчетам этих свойств при различных температурных режимах исследователи и инженеры могут сэкономить время и деньги в процессе проектирования, обеспечивая при этом актуальность своей работы.

Ключевые слова: аппроксимация, цифровая модель, автоматизация процессов.

A.I. Galyshkin, E.R. Moshev

DEVELOPMENT OF AN INTERACTIVE MODEL OF A HANDBOOK ON THE PROPERTIES OF SUBSTANCES

The article discusses the potential advantages of creating a reference book that pays special attention to the elements used in pipelines and apparatuses. With easy access to information about the properties of various substances and calculations of these properties under different temperature conditions, researchers and engineers can save time and money during the design process, while ensuring the relevance of their work.

Keywords: approximation, digital model, automation of processes.

При проведении научных исследований и проектировании нового оборудования одной из главных задач является поиск надежных исходных данных, включая информацию о свойствах различных веществ. Этот процесс может занять до половины времени, затрачиваемого на этап проектирования, а это означает, что технологии, используемые в проекте, могут устареть к моменту его завершения. Кроме того, общая стоимость проекта может значительно возрасти [1].

Снизить затраты ресурсов на поиск необходимых исходных данных можно, разработав специальный электронный справочник, вмещающий в себя химический состав веществ, а также их основные физические и химические свойства.

Исходя из сказанного, целью работы являлось создание интерактивного электронного справочника, позволяющего многократно ускорить поиск свойств необходимых веществ.

На рис. 1 показана структура работы справочника, который будет сохранять все полученные данные в базу данных, тем самым процесс заполнения значений будет доходить до полного автоматизма [2].

Справочник представлен в виде таблички в программе EXCEL (рис. 2), содержит информацию о воде, нефти и метаноле [3].



Рис. 1. Структура работы интерактивного справочника

Из полученных результатов можно выделить несколько положительных моментов:

- сокращение усилий и времени, затрачиваемых на ручную работу;
- снижение денежных затрат;
- увеличение объема выполненной работы за единицу времени;
- автоматизированный справочник со всеми необходимыми параметрами, исходными данными и формулами для производства.

Ветвь развития справочника широка, начиная от количества веществ, заканчивая количеством формул и способами их применения.

Свойства компонентов, используемых в системах трубопроводов									
1. Вода									
Характеристика вещества	Основные физические свойства в зависимости от температуры							Общие свойства	
Температура	Плотность	Удельная теплоемкость	Коэффициент температурного линейного расширения	Динамическая вязкость	Кинематическая вязкость	Агрегатное состояние	Коэффициент поверхностного натяжения	Температура замерзания	Температура кипения
1. без цвета и запаха	кг/м ³	кДж/(кг·°C)	1/К × 10 ⁻⁶	Па·с	мм ² /с		Н/м	°C	°C
2. прозрачная	5	999,75	4200	0,5	2,004	50,113	Жидкость	72,84	0
3. хороший раст									100
4. обладает текучестью									
Структура воды									
Молекула воды									
									
2. Нефть									
Основные физические свойства									
Характеристика вещества	Плотность	Удельная теплоемкость	температурного расширения	Динамическая вязкость	Кинематическая вязкость	Температура замерзания	Температура кипения	Состав нефти	Температура самовоспламенения
масленистая горючая жидкость темно бурого или почти черного цвета с характерным запахом	кг/м ³	кДж/(кг·°C)	1/К × 10 ⁻⁴	Па·с	мм ² /с	°C	°C	% углерода, 11,14 % водорода (по весу),	°C
	730–1040	1,7–2,1	6	3,6	28,43 от +30 до –60	выше 28			222 42,7 до 46,2
3. Метанол									
Характеристика вещества	Плотность	Удельная теплоемкость	Динамическая вязкость	Коэффициент температурного линейного расширения	Температура замерзания	Температура кипения	Температура самовоспламенения	Молярная масса	Удельная теплота сгорания
Бесцветная жидкость с характерным алкогольным запахом; при смешении с водой происходит сжатие и выделяющаяся	кг/м ³	кДж/(кг·°C)	Па·с	1/К × 10 ⁻³	°C	°C	°C	кг/моль	МДж/кг
	791,8	3,814	0,59	8,1	–98	64,7	440	32	
Строение молекулы метанола									
									

Рис. 2. Готовый макет справочника

Список литературы

1. Мошев Е.Р., Кантюков Р.А. Продукционные модели представления знаний об интегрированной логистической поддержке жизненного цикла промышленных трубопроводов // Логистика и экономика ресурсосбережения в промышленности (МНПК «ЛЭРЭП-8-2014»): сб. науч. тр. по материалам VIII Междунар. науч.-практ. конф. – 2014.
2. Мешалкин В.П., Мошев Е.Р., Аристов В.М. Основы цифровизированной интегрированной логистической поддержки химико-технологических систем: учеб. пособие. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2023. – 401 с.
3. Технический регламент таможенного союза (ТРТС) [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/902320560> (дата обращения: 23.02.2025).

Об авторах

Галышкин Александр Ильич – магистрант кафедры оборудования и автоматизации химических производств, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: galyshkinthebest@gmail.com

Мошев Евгений Рудольфович – д-р техн. наук, зав. кафедрой оборудования и автоматизации химических производств, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: erm@pstu.ru

Д.П. Давыдов, Е.А. Гашев, К.Р. Муратов

**ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
ПРИ ФИНИШНОЙ ДОВОДКЕ ПРЕЦИЗИОННЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ
ПОВЕРХНОСТЕЙ МЕТОДОМ ОБКАТКИ**

Определены основные параметры финишной доводки методом обкатки. Рассмотрен метод определения оптимальных кинематических параметров.

Ключевые слова: доводка, кинематика, обкатка, прецизионные наружные цилиндрические поверхности, форообразование, чистое качение.

D.P. Davydov, E.A. Gashev, K.R. Muratov

**THE INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL AND KINEMATIC
PARAMETERS DURING THE FINISHING OF PRECISION
CYLINDRICAL SURFACES BY THE RUN-IN METHOD**

The main parameters of the finishing finishing by the run-in method have been determined. A method for determining optimal kinematic parameters is considered.

Keywords: finishing, kinematics, running-in, precision external cylindrical surfaces, head formation, pure rolling.

В процессе прецизионной обработки цилиндрических поверхностей методом обкатки кинематическая характеристика чистого качения обрабатываемой детали выступает определяющим фактором, детерминирующим формирование геометрии цилиндрической поверхности изделия [1]. Для оптимизации кинематических характеристик процесса введены два ключевых параметра: коэффициент соотношения скоростей (K_{ra}), характеризующий отношение частоты вращения сепаратора относительно центра притира к частоте вращения самого притира, и коэффициент (K_{ca}), определяющий соотношение скорости вращения сепаратора вокруг собственной оси к скорости вращения притира. Корректная корреляция указанных параметров обеспечивает минимизацию явления проскальзывания обрабатываемой детали, что исключает формирование граней на поверхности

цилиндрического изделия и способствует достижению повышенной точности обработки [2].

При абразивной доводке пространственное положение деталей в сепараторе относительно вектора нормальной нагрузки создает переменную нагрузку на каждой детали во время ее движения по рабочей траектории на притире. Несмотря на то, что классическая кинематическая схема предполагает равенство угловой скорости вращения сепаратора полуразности скоростей вращения притиров с локализацией зоны чистого качения в средней части детали, экспериментально установлено систематическое смещение этой зоны к центру притира. Смещение пропорционально моменту сопротивления вращению детали от сил резания и трения, что усиливает проскальзывание и сьем материала. В результате профиль детали в продольном сечении приобретает конусообразную форму с вершиной к периферии притиров, а снижение скорости вращения детали вызывает увеличение отклонения от круглости.

Проведено экспериментальное исследование технологического процесса абразивной доводки наружных цилиндрических поверхностей детали типа «Золотник», выполненной из стали 95X18 (твердость 56 HRC). Доводочные операции осуществлялись на модернизированном доводочно-полировальном оборудовании производства LECO. В контексте технологической наладки особое значение приобретает параметр K_{ra} , обусловленный конструктивными особенностями станка. На основании анализа уравнений (1), (2) и требований к наладке оборудования установлено оптимальное сочетание кинематических параметров: частота вращения притира составляет 5 об/мин, частота вращения сепаратора 7 об/мин.

$$Kra = 1 - \frac{L_{co}}{L_{rc}}, \quad (1)$$

где L_{co} – расстояние от центра сепаратора к центру притира; L_{rc} – расстояние от центра ролика к центру сепаратора.

$$Kra = \frac{\omega_{rc}}{\omega_a}, \quad (2)$$

где ω_{rc} – частота вращения сепаратора вокруг своей оси; ω_a – частота вращения притира.

В ходе сравнительных экспериментов было установлено, что правильное отношение скорости вращения сепаратора к скорости вращения притира (коэффициент K_{ra}) оказывает превалирующее влияние на получение стабильной цилиндрической формы детали «Золотник». Исходя из производительности, рассчитано время доводки чернового перехода и на чистовом проходе. Для достижения требуемой геометрической формы необходимо чистовой переход разделить на два равных по времени перехода и выполнять переворот деталей на 180° в «гнезде» сепаратора [3].

Разработанная методика обработки обеспечивает исправление исходной погрешности геометрической формы золотников и стабильное получение требуемой геометрической формы в виде отклонения от цилиндричности не более 0,002 мм.

Работа выполнена за счет предоставленного в 2024 году Академией наук Республики Татарстан гранта на осуществление фундаментальных и прикладных научных работ в научных и образовательных организациях, предприятиях и организациях реального сектора экономики Республики Татарстан или аналог на языке обнародования.

Список литературы

1. Растровый метод обработки прецизионных поверхностей / В.Н. Анциферов, А.М. Ханов, К.Р. Муратов, Р.А. Муратов, А.В. Пепельшев // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2011. – Т. 13, № 1 (3).
2. Kinematics and trajectory of both-sides cylindrical lapping process in planetary motion type / J. Yuan, W. Yao, P. Zhao, B. Lyu, Z. Chen, M. Zhong // Int. J. Mach. Tool Manuf. – 2015. – No. 92. – P. 60–71.
3. Патент № 2711283 С1 Российская Федерация, МПК В24В 33/02. способ хонингования отверстий: № 2019131208: заявл. 01.10.2019; опубл. 16.01.2020 / Е.А. Гашев, Т.Р. Абляз, К.Р. Муратов, Р.А. Муратов; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет».

Об авторах

Давыдов Дмитрий Павлович – ассистент кафедры инновационных технологий машиностроения, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: aragorn5994@mail.ru

Гашев Евгений Анатольевич – канд. техн. наук, доцент кафедры инновационных технологий машиностроения, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: kot_ostrow@mail.ru

Муратов Карим Равилевич – д-р техн. наук, доцент кафедры инновационных технологий машиностроения, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: karimur_80@mail.ru

О.Д. Зубов, М.С. Орехов

**РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ УПРАВЛЕНИЯ
ПРОЦЕССАМИ ПРИЕМА/ЗАПУСКА ВНУТРИТРУБНОГО УСТРОЙСТВА
ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ДЕФЕКТОСКОПИИ ТРУБОПРОВОДА
МЕТОДОЛОГИЕЙ ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО
ПРОГРАММИРОВАНИЯ**

Ресурсы микропроцессорных средств автоматизации систем управления позволяют повысить удобство, эффективность и безопасность работы обслуживающего персонала. Удобство реализации управления проведением внутритрубной дефектоскопии на базе методологии объектно-ориентированного программирования подразумевает проектирование такого класса, как запорная арматура, для простоты реализации управления проведением технологического процесса.

Ключевые слова: внутритрубная дефектоскопия, объектно-ориентированное программирование, удаленное управление.

O.D. Zubov, M.S. Orehov

**IMPLEMENTATION OF SOFTWARE FOR CONTROLLING
THE LAUNCHING/RECEIVING PROCESS OF AN IN-LINE INSPECTION
TOOL FOR PIPELINE DEFECTOSCOPY USING
OBJECT-ORIENTED PROGRAMMING METHODOLOGY**

Microprocessor-based automation system resources enhance the convenience, efficiency, and safety of operating personnel's work. The ease of implementing control for in-line inspection using object-oriented programming methodology implies designing a class, such as valve equipment, to simplify the subsequent implementation of process control.

Keywords: in-line inspection, object-oriented programming, remote control.

Внутритрубная дефектоскопия (ВТД) магистральных трубопроводов эффективно обнаруживает проблемы за счет прогона по системе специальных устройств. Они называются внутритрубными дефектоскопами. Внутри устройств установлены приборы, определяющие особенности конфигурации поперечного сечения, вмятины,

коррозию, утончения [1].

Автоматизация внутритрубной дефектоскопии позволяет убрать рабочий персонал из опасной зоны, упростить проведение технологического процесса.

С помощью программного управления можно решать задачу контроля состояния, пуска/аварийного останова процесса, просмотра архива событий. Такие задачи могут возникать в условиях дистанционного образования, управления территориально удаленным оператором и т.д.

Для реализации процесса ВТД на узле приема/запуска внутритрубного устройства (ВТУ) на объекте ООО «Газпром трансгаз Чайковский» была разработана система автоматизации на базе PLC Fastwel CPM723-01. Конфигурация и программирование контроллера происходит в среде разработки CODESYS V3.5.

Был разработан алгоритм управления диагностики магистрального газопровода. Программная реализация написана сначала на языке SFC.

На данном языке написан каждый из этапов проведения ВТД. В каждом из этапов используется управление той или иной запорной арматурой. Данное решение получилось громоздким и не стабильным в работе. Чтобы найти ошибку в работе, требуется большое время.

При разбиении управления на отдельные объекты (краны) уменьшится время на разработку программы и упростится отладка. В данном случае как раз и поможет методология объектно-ориентированного программирования.

Для реализации управления процессов ВТД с помощью объектно-ориентированного программирования (ООП) создадим класс «Шаровый кран», который будет обладать методами управления, а именно методом «Открытия» и методом «Закрытия». Также понадобятся методы «Установка статуса» и «Получение статуса» для реализации аварийных ситуаций в работе запорной арматуры и понимания, в каком положении она сейчас находится [2].

Алгоритм реализации управления задвижками показан с помощью языка графического описания объектного моделирования – UML (рисунки).

В данном случае UML позволяет визуализировать процесс контроля за задвижкой. Благодаря этому «графическому языку» демонстрируется простота реализации управления, что облегчает его воспроизведение в других автоматизированных системах.

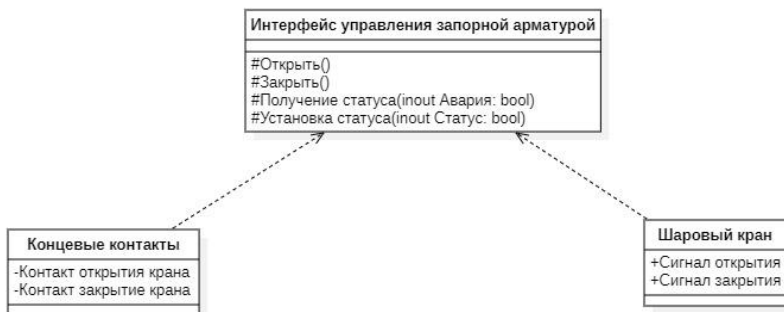


Рис. UML-схема реализации управления задвижкой

Для упрощения реализации процесса управления разобьем задвижку на две части: шаровый кран и концевые контакты. Концевые контакты могут отвечать как за закрытие запорной арматуры, так и за открытие. Шаровый кран может либо открываться, либо закрываться. Интерфейс имеет несколько методов управления: метод на управление открытием, закрытием, получение статуса и установка статуса.

В качестве SCADA-системы применяется бесплатная Rapid Scada без ограничения кол-ва тегов.

Внедрение SCADA-системы позволяет обеспечить систему функциями дистанционного контроля и управления, что приводит к минимизации затрат времени на проверку правильности ведения технологического процесса, поиск неисправностей в системе и на управление процессом [3].

В результате была разработана алгоритмическая основа для управления технологическим процессом ВТД, создана программа на основе методологии ООП, а также реализована система SCADA для управления этим процессом.

Список литературы

1. Внутритрубная дефектоскопия газотранспортной сети, 2021 [Электронный ресурс]. – URL: https://tndt.idspektr.ru/images/stories/archive/03_2021/tndt_2021_03_pp_036_044.pdf (дата обращения: 10.02.2025).
2. Объектно-ориентированное программирование в стандарте МЭК 61131-3 [Электронный ресурс]. – 2017. – URL: <https://www.cta.ru/articles/cta/spravochnik/v-zapisnuyu-knizhku-inzhenera/124458/> (дата обращения: 10.02.2025).
3. Документация Rapid Scada, Версия 5.8 [Электронный ресурс]. – 2020. – URL: <https://rapidscada.net/doc/content/latest/ru/software-configuration/configuration-basics.html> (дата обращения: 01.02.2025).
4. CODESYS V3.5, Настройка обмена по протоколу Modbus [Электронный ресурс]. – 2021. – URL: https://ftp.owen.ru/CoDeSys3/11_Documentation/03_3.5.11.5/CDSv3.5_Modbus_v2.2.pdf (дата обращения: 04.02.2025).

Об авторах

Зубов Олег Денисович – студент кафедры оборудования и автоматизации химических процессов, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: oleg_zubov95@mail.ru

Орехов Михаил Сергеевич – старший преподаватель кафедры оборудования и автоматизации химических процессов, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: msorehov@pstu.ru

Д.А. Казанцев, М.А. Ромашкин

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА В РЕАКТОРЕ ГИДРООБЕССЕРИВАНИЯ

Представлено описание эффективности процесса гидрообессеривания за счет разделения процесса на две ступени в реакторе. Рассмотрены принципы работы каждой стадии, описаны преимущества двухстадийного процесса, включая повышение степени очистки, увеличение срока службы катализатора и снижение эксплуатационных затрат. Приведены технические аспекты конструкции реакторов и управления процессом.

Ключевые слова: реактор гидрообессеривания, катализаторные полки, нефтепереработка, две ступени очистки, удаление серы, срок службы катализатора, эффективность, автоматизация.

D.A. Kazantsev, M.A. Romashkin

IMPROVING EFFICIENCY BY SPLITTING THE PROCESS INTO TWO STAGES IN A HYDRODESULFURIZATION REACTOR

The article describes the efficiency of the hydrodesulfurization process achieved by splitting it into two stages in a reactor. The principles of operation for each stage are examined, and the advantages of the two-stage process are outlined, including enhanced purification levels, extended catalyst service life, and reduced operational costs.

Keywords: hydrodesulfurization reactor, catalyst beds, oil refining, two-stage purification, sulfur removal, catalyst lifespan, efficiency, automation.

Гидрообессеривание – это ключевой процесс в нефтепереработке, направленный на удаление серы, азота и металлов из нефтяных фракций. Этот процесс играет важную роль в производстве экологически чистого топлива, соответствующего современным стандартам. Однако с увеличением доли тяжелых нефтяных остатков традиционные методы гидрообессеривания становятся менее эффективными. Одним из перспективных решений является разделение процесса на две стадии с использованием реактора полочного типа [1], оснащенного двумя катализаторными полками.

Разделение процесса гидрообессеривания на две стадии предполагает использование двух катализаторных полок, каждая из которых выполняет свою функцию. Такой подход позволяет оптимизировать процесс, повысить степень очистки и продлить срок службы катализатора.

На первой стадии, которая реализуется на верхней полке, используется катализатор, устойчивый к загрязнению металлами и асфальтенами. Его основная задача – удалить большую часть металлов (например, ванадий и никель) из высокомолекулярных соединений. Необходимость удаления на первой стадии процесса до 90 % металлов объясняется тем, что высокая концентрация металлов может дезактивировать катализатор на второй стадии, позволяет значительно снизить нагрузку на катализатор второй стадии.

Для реализации первой стадии процесса используются катализаторы на основе оксида алюминия с добавлением молибдена и кобальта, так как эти материалы обладают высокой механической прочностью и устойчивостью к загрязнению.

Температура процесса на первой стадии поддерживается в диапазоне 340–380 °С. Это оптимально для удаления металлов и асфальтенов, так как при таких температурах происходит эффективная гидрогенизация высокомолекулярных соединений.

Рабочее давление на первой ступени процесса составляет 5–10 МПа. Высокое давление способствует протеканию реакций гидрогенизации и предотвращает образование кокса [2].

На второй стадии процесса используется высокоактивный катализатор, который обеспечивает глубокое удаление серы и азота. Благодаря предварительной очистке на первой стадии катализатор на второй полке работает более эффективно и дольше сохраняет активность. Катализаторы, используемые на второй ступени, выполнены на основе сульфидов никеля и вольфрама. Эти материалы обладают высокой активностью по отношению к сере и азоту.

Температура процесса на второй стадии поддерживается в диапазоне 360–400 °С, что обеспечивает высокую активность катализатора и способствует глубокому удалению серы.

Рабочее давление на второй ступени процесса составляет

7–12 МПа. Высокое давление способствует протеканию реакций гидрообессеривания и гидродеазотирования.

Реализация процесса гидрообессеривания именно в две стадии характеризуется следующими основными преимуществами:

- повышение эффективности удаления серы, что особенно важно при переработке тяжелых нефтяных фракций. В двухстадийных реакторах степень удаления серы может достигать 99 %, а выходное содержание серы в продукте может быть снижено до 10 ppm (частей на млн);

- увеличение срока службы катализатора (на 30–40 %) и снижение частоты его регенерации (на 30–40 %). Использование защитного катализатора на первой стадии предотвращает быстрое засорение основного катализатора металлами и асфальтенами;

- оптимизация температурного режима, так как разделение процесса на две стадии позволяет лучше контролировать температуру в каждой зоне реактора. В двухстадийных реакторах перепад температуры между стадиями составляет 20–40 °С, что предотвращает перегрев и дезактивацию катализатора. Использование промежуточного охлаждения между стадиями позволяет поддерживать оптимальный температурный режим.

При этом следует отметить, что разделение процесса гидрообессеривания на две стадии требует дополнительных капитальных затрат на технологическое оборудование и используемые катализаторы. Однако эти затраты компенсируются за счет увеличения срока службы катализатора и снижения затрат на его регенерацию и замену. Перечисленные факторы приводят к снижению эксплуатационных расходов на технологическое оборудование процесса гидрообессеривания, а также за счет повышения качества и, соответственно, стоимости конечного продукта. Так, чем меньше в дизельном топливе содержание серы, тем выше его рыночная стоимость [3].

Разделение процесса гидрообессеривания на две стадии с использованием реакторов, оснащенных двумя катализаторными полками, является эффективным решением для переработки тяжелых

нефтяных фракций. Такой подход позволяет повысить степень удаления серы, увеличить срок службы катализатора и снизить эксплуатационные затраты. В условиях ужесточения экологических стандартов и роста доли тяжелых нефтей двухстадийные реакторы становятся важным инструментом для нефтеперерабатывающей промышленности.

Дальнейшее развитие технологий гидрообессеривания, включая использование новых катализаторов и методов автоматизации, позволит еще больше повысить эффективность и экономическую целесообразность этого процесса.

Список литературы

1. Макаров Ю.И., Генкен А.И. Технологическое оборудование химических и нефтегазоперерабатывающих заводов: учебник для техникумов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1976. – 368 с.
2. Садыров А.Ю., Рябенький А.В. Технологический регламент установок гидрокрекинга, регенерации катализатора и гидродеароматизации дизельного топлива. Т. 1. – 2019. – 67 с.
3. Садыров А.Ю., Рябенький А.В. Технологический регламент установок гидрокрекинга, регенерации катализатора и гидродеароматизации дизельного топлива. Т. 2. – 2019. – 126 с.

Об авторах

Казанцев Данил Андреевич – магистрант кафедры оборудования и автоматизации химических производств, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: danil.kazancev.99@list.ru

Ромашкин Макар Андреевич – канд. техн. наук, доцент кафедры оборудования и автоматизации химических производств, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: t_romash_63@mail.ru

Д.М. Казанцев, Е.Р. Мошев

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ МОДЕРНИЗАЦИИ
УЗЛА ТЕПЛООБМЕНА ДЛЯ БЛОКА
ФРАКЦИОНИРОВАНИЯ УСТАНОВКИ ГИДРОКРЕКИНГА
ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМНЕФТЕОРГСИНТЕЗ»**

Выполнен сравнительный анализ двух способов оптимизации работы узла теплообмена на производстве глубокой переработки нефти установки гидрокрекинга ООО «ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез». Один из способов предусматривает установку нового пластинчатого теплообменника, второй – модернизацию существующего кожухотрубчатого.

Ключевые слова: гидрокрекинг, теплообмен, пластинчатый теплообменник, кожухотрубчатый теплообменник.

D.M. Kazantsev, E.R. Moshev

**COMPARATIVE ANALYSIS OF MODERNIZATION OPTIONS FOR
THE HEAT EXCHANGE UNIT OF THE FRACTIONATION BLOCK AT
THE HYDROCRACKING PLANT
OF LUKOIL-PERMNEFTEORGSINTEZ LLC**

In this study, a comparative analysis of two methods for optimizing the operation of the heat exchange unit in the deep oil processing plant at the hydrocracking unit of LUKOIL-Permnefteorgsintez LLC was carried out. One method involves installing a new plate heat exchanger, while the other entails modernizing the existing shell-and-tube heat exchanger.

Keywords: hydrocracking, heat exchangers, plate heat exchangers, shell-and-tube heat exchangers.

Введение в эксплуатацию новых мощностей и растущие требования к энергоэффективности нефтеперерабатывающих предприятий стимулируют поиск решений по оптимизации теплообменных процессов.

На установке гидрокрекинга ООО «ЛУКОЙЛ-Пермнефтеорг-

синтез» одной из ключевых задач является оптимизация узла теплообмена блока фракционирования. Производство глубокой переработки нефти (ППН) включает в себя установки гидрокрекинга, регенерации катализатора и гидродеароматизации дизельного топлива (РК и ГДА). Комплекс предназначен для гидроочистки и гидрокрекинга смеси вакуумных дистиллятов и вторичных компонентов для выработки глубокоочищенного сырья каталитического крекинга, малосернистого дизельного топлива с низким содержанием ароматических углеводородов для получения высокооктановых бензинов [1].

Блок фракционирования играет важную роль в разделении жидких продуктов реакции на целевые фракции. С верха фракционирующей колонны 10-DA-201 пары углеводородов поступают в конденсатор воздушного охлаждения 10-EC-202A/F. Охлажденная и сконденсированная парогазовая смесь из АВО 10-EC-202A/F поступает в межтрубное пространство холодильников 10-EA-205A/B, где охлаждается оборотной водой, и поступает в сепаратор 10-FA-203 [1].

Количество продукта, проходящего через установку, существенно увеличилось, в сравнении с тем показателем, который был установлен при пуске установки в эксплуатацию. Недостаточная тепловая нагрузка узла теплообмена сказывается на тепловом балансе установки, что, в свою очередь, может повлиять на качество выпускаемой продукции.

Таким образом, основными задачами являются сбор информации, анализ и сравнение возможных вариантов повышения эффективности теплообменных аппаратов в конкретных условиях предприятия.

В рамках данной статьи рассматриваются два основных подхода по оптимизации теплообменного оборудования:

1. Изготовление, поставка и установка дополнительного пластинчатого теплообменника после 10-EC-202 с поверхностью теплообмена ориентировочно 100 м². Дополнительный теплообменник позволит увеличить теплопередачу, что может помочь поддерживать стабильную температуру и улучшить качество продукции, но потребует значительных финансовых вложений.

2. Модернизация существующего кожухотрубчатого аппарата

10-ЕА-205 А/В с целью повышения его эффективности за счет увеличения количества ходов по трубному пространству, при этом требуется обеспечить рекомендуемые расходы воды. Этот подход позволяет повысить эффективность уже установленного оборудования без необходимости его полной замены, но может привести к увеличению гидравлического сопротивления теплообменника [2].

Для выбора оптимального решения необходимо провести детальное сравнение обоих вариантов по критериям, указанным в таблице.

Сравнение вариантов оптимизации работы узла теплообмена

Критерий	Пластинчатый теплообменник	Модернизация кожухотрубчатого теплообменника
Эффективность теплопередачи	Высокая, благодаря большей площади поверхности теплообмена и высокой турбулентности потока	Может быть значительно улучшена
Компактность	Значительно компактнее кожухотрубчатого	Не изменяется
Стоимость	Выше, чем модернизация существующего	Может быть экономически выгоднее
Гибкость	Адаптируется к изменяющимся условиям процесса	Менее гибкий, параметры ограничены существующей конструкцией
Сроки реализации	Обычно быстрее, чем полная замена кожухотрубчатого	Зависят от сложности работ, могут потребовать длительной остановки

Аргументы в пользу установки пластинчатого теплообменника:

- повышенная эффективность: вследствие значительных скоростей, с которыми движутся жидкости между пластинами, достигаются высокие коэффициенты теплопередачи вплоть до 3800 Вт/м^2 и более при малом гидравлическом сопротивлении [2];
- компактность: меньшие габариты облегчают монтаж и поз-

воляют расположить теплообменник в более ограниченном пространстве [3];

- простота обслуживания: пластинчатые теплообменники легко разбираются и очищаются от загрязнений [2], что сокращает время простоя и затраты на обслуживание;

- гибкость: возможность изменения количества пластин позволяет адаптировать теплообменник к изменяющимся условиям процесса.

Аргументы в пользу модернизации кожухотрубчатого теплообменника:

- экономическая выгода: в некоторых случаях модернизация существующего теплообменника может быть дешевле, чем приобретение и монтаж нового;

- сохранение инфраструктуры: использование существующего оборудования позволяет избежать затрат на демонтаж и монтаж нового теплообменника, а также затрат на его обвязку трубопроводами;

- минимизация простоев: модернизация может быть выполнена в короткие сроки, что минимизирует время простоя установки.

Выбор между установкой пластинчатого теплообменника и модернизацией существующего кожухотрубчатого для блока фракционирования установки гидрокрекинга ООО «ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез» зависит от конкретных условий и результатов технико-экономического обоснования. В целом установка пластинчатого теплообменника представляется более перспективным решением, обеспечивающим повышенную эффективность и гибкость. Однако в некоторых случаях модернизация существующего кожухотрубчатого теплообменника может быть экономически оправданной. Важно тщательно оценить все факторы, чтобы принять оптимальное решение, способствующее оптимизации установки.

Список литературы

1. Технологический регламент установок гидрокрекинга, регенерации катализатора и гидродеароматизации дизельного топлива ООО «ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез». Т. 1. – 2019. – 875 с.

2. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: Химия, 2004. – 751 с.

3. Барановский Н.В., Коваленко Л.М., Ястребенецкий А.Р. Пластинчатые и спиральные теплообменники. – М.: Машиностроение, 1973. – 284 с.

Об авторах

Казанцев Дмитрий Михайлович – студент кафедры технологических машин и оборудования, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: kazantsev.dmitriy.02@mail.ru

Мошев Евгений Рудольфович – д-р техн. наук, зав. кафедрой оборудования и автоматизации химических производств, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: erm@pstu.ru

П.Ю. Калайда, Б.И. Стародубцев

МОДЕРНИЗАЦИЯ БАРАБАННОЙ РЕАКЦИОННОЙ ПЕЧИ НА ПРОИЗВОДСТВЕ ФТОРОВОДОРОДА

Рассматриваются вопросы модернизации барабанных реакционных печей, используемых в производстве фтороводорода. Анализируются недостатки технологии прямого нагрева и предлагается переход на косвенный нагрев с возможностью регулирования угла наклона барабана. Описаны технические решения, направленные на повышение энергоэффективности, снижение износа оборудования и улучшение качества продукта. В конструкцию введены перегородки в кожух, что способствует повышению эффективности нагрева

Ключевые слова: фтороводород, барабанная печь, модернизация, косвенный нагрев, угол наклона.

P.Yu. Kalaida, B.I. Starodubtsev

MODERNIZATION OF THE DRUM REACTION FURNACE IN HYDROGEN FLUORIDE PRODUCTION

The article discusses the modernization of drum reaction furnaces used in hydrogen fluoride production. The disadvantages of direct heating technology are analyzed, and a transition to indirect heating with adjustable drum inclination is proposed. Technical solutions aimed at increasing energy efficiency, reducing equipment wear, and improving product quality are described. The design includes the introduction of baffles in the shell, enhancing heating efficiency.

Keywords: hydrogen fluoride, drum furnace, modernization, indirect heating, inclination angle.

Исследования в области производства фтороводорода показывают, что существующие технологии, основанные на применении барабанных реакционных печей прямого нагрева, имеют ряд недостатков [1]. В их числе неравномерность температурного поля, высокие затраты на обслуживание и повышенный износ конструкции. В связи с этим актуальным направлением является переход к барабанным печам косвенного нагрева с возможностью изменения угла наклона.

Печи с прямым нагревом обладают рядом недостатков, среди которых локальный перегрев материала, что приводит к ухудшению качества продукции [2], повышенная эрозия и износ внутренних поверхностей барабана [3], высокий расход топлива и теплотери [4], сложности с точным регулированием температурного режима.

Переход к косвенному нагреву позволяет добиться более равномерного прогрева материала, снизить нагрузку на конструкцию печи, уменьшить расход энергоресурсов, продлить срок службы оборудования.

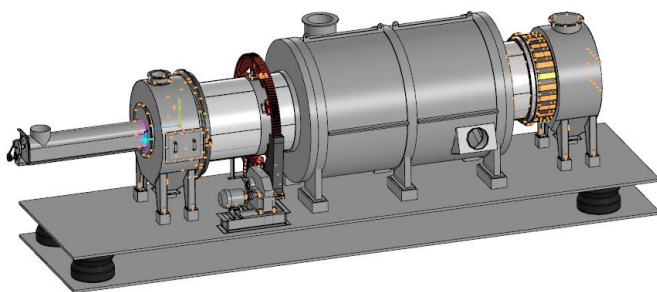
Одним из ключевых технических решений является введение регулируемого угла наклона барабана. Это позволит оптимизировать скорость протекания реакций, улучшить контроль за движением материала внутри печи, повысить равномерность нагрева.

В конструкцию кожуха введены перегородки, что позволяет повысить эффективность нагрева и улучшить распределение температурных зон. Для дальнейших исследований необходимо сконструировать физическую модель для проведения наглядных экспериментов, включая изучение зависимости скорости протекания реакции от угла наклона и анализ эффективности нагрева в зависимости от конструкции и расположения перегородок.

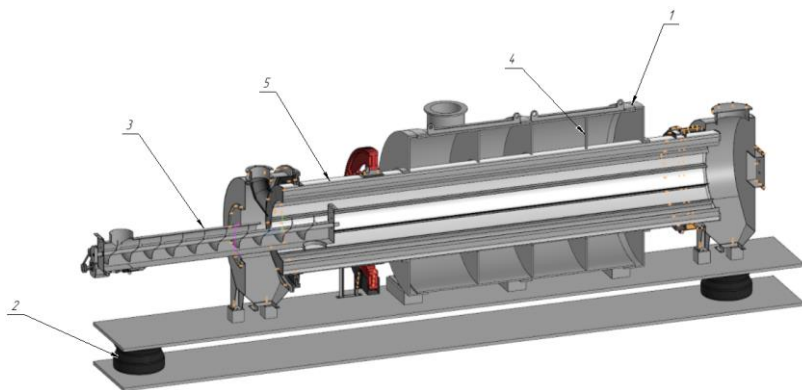
Реализация проекта модернизации включает (рисунок) переход от прямого нагрева к косвенному, добавление автоматического регулирования угла наклона печи.

Ожидается, что модернизация позволит снизить затраты на эксплуатацию и ремонт, повысить производительность установки.

Таким образом, переход к барабанным печам косвенного нагрева с регулируемым углом наклона представляет собой перспективное направление модернизации оборудования для производства фтороводорода, обеспечивая повышение эффективности и надежности технологического процесса.



a



б

Рис. Модернизированная печь косвенного нагрева: *a* – общий вид модели; *б* – разрез модели: 1 – кожух; 2 – подъемное устройство; 3 – шнек-смеситель загрузочный; 4 – перегородки; 5 – барабан

Список литературы

1. Иванов И.И. Технологии термохимических процессов. – М.: Наука, 2020.
2. Петров П.П. Современные печи в химической промышленности. – СПб.: Химтех, 2019.

3. Сидоров В.В. Основы проектирования термореакционных систем. – Казань, 2018.

4. Johnson R. Industrial Furnace Design. – New York: Wiley, 2017.

Об авторах

Калайда Павел Юрьевич – студент кафедры оборудования и автоматизации химических производств, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: kalauda01@mail.ru

Стародубцев Борис Игоревич – канд. техн. наук, доцент кафедры конструкций автобронетанковой техники, Пермский военный институт войск национальной гвардии Российской Федерации, e-mail: starbor45@gmail.com

Д.А. Касимов, Н.Н. Анашкин

РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ МОДЕЛИ РАСЧЕТА ВЕРТИКАЛЬНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ

Приведены результаты разработки функциональной модели расчета вертикальных резервуаров. Автоматизация получения параметров вертикальных резервуаров уменьшит сроки проектирования и расчета себестоимости данного оборудования.

Ключевые слова: проектирование, вертикальные резервуары, функциональная модель, автоматизация расчета.

D.A. Kasimov, N.N. Anashkin

DEVELOPMENT OF A FUNCTIONAL MODEL FOR CALCULATING VERTICAL RESERVOIRS

The article presents the results of the development of a functional model for calculating vertical reservoirs. Automation of obtaining the parameters of vertical tanks will reduce the time required for designing and calculating the cost of this equipment.

Keywords: design, vertical reservoirs, functional model, calculation automation.

Основным назначением вертикальных резервуаров является долговременное или временное хранение жидких и газообразных веществ. Широкое применение в таких сферах, как химическая и пищевая промышленность, говорит о востребованности вышеуказанного оборудования на производственном рынке.

Вертикальная конструкция резервуара имеет преимущества, а именно экономию пространства (более рациональное расположение в рамках производственных помещений), удобство обслуживания и эксплуатации в производственных помещениях.

Вышеприведенные преимущества, в первую очередь, обеспечиваются за счет грамотного расчета геометрических параметров и оптимальной стоимости изготовления.

Расчет характеристик вертикальных резервуаров вручную, с помощью научной литературы, справочников и учебных пособий

чаще приводит к математическим ошибкам, затратам времени и не гарантирует высокое качество [1].

Целью данной работы являлась разработка функциональной модели (ФМ) для последующей автоматизации расчета вертикальных резервуаров. ФМ поможет избежать на этапах разработки проектной документации (ПД) проблем, связанных с отсутствием времени на выполнение расчетов и отсутствием квалифицированного подготовленного инженерного персонала. А также провести оптимизацию на данном этапе разработки [2].

При осуществлении поставленной цели выявлены исходные параметры и основные расчетные характеристики вертикальных емкостей (рис. 1, 2).



Цель: Автоматизация расчёта массы и объема работ для изготовления вертикальных резервуаров

Точка зрения: Проектный отдел

Рис. 1. Контекстная диаграмма верхнего уровня функциональной модели

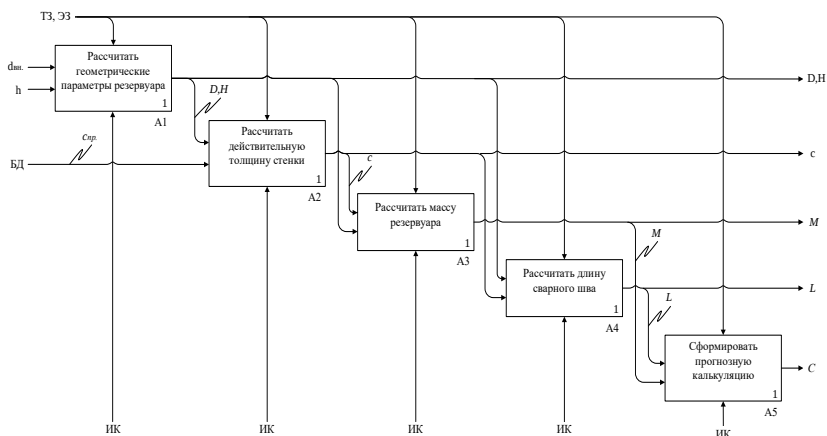


Рис. 2. Функциональная модель расчета вертикальных резервуаров

Здесь применены следующие дополнительные обозначения: ТЗ – техническое задание; ЭЗ – экспертные знания; ИК – инженер-конструктор; БД – база данных; $d_{\text{внутр.}}$ – внутренний диаметр резервуара; h – высота емкости; $c_{\text{пр.}}$ – предполагаемая толщина стенки; c – расчетная толщина стенки емкости; D – расчетный диаметр; H – расчетная высота; M – масса конструкции; L – длина сварного шва; C – себестоимость изготовления.

Интеграция автоматизированного расчета на основании данной ФМ с CAD/CAE системами БД ускорит все типы процессов и поднимет качество проектной документации [3]. Данный программный продукт будет полезен не только для личного пользования, но и для крупных предприятий, чтобы повысить свою конкурентоспособность, а также продемонстрировать свою рентабельность при применении [4].

Список литературы

1. Современные методы монтажа оборудования резервуаров вертикальных стальных / Е.И. Величко, Г.Г. Гилаев, А.В. Музыкантова, Д.А. Иноземцев, А.В. Поляков // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. Сооружение и ремонт газонефтепроводов и газонефтехранилищ. – 2024. – № 1–2. – С. 89–94.

2. Анашкин Н.Н., Мошев Е.Р. Разработка функциональной модели определения характеристик лент спиральных транспортеров // Математические методы в технологиях и технике. Математическое моделирование технологических и социальных процессов. – 2023. – № 3. – С. 37–41.

3. Мошев Е.Р. Информационно-эвристическо-вычислительные модели и алгоритмы принятия решений по интегрированной логистической поддержке жизненного цикла трубопроводных систем нефтехимических предприятий: дис. ... д-ра техн. наук. – М., 2015. – 468 с.

4. Карловская И.К., Картушина И.Г. Характеристика рынка резервуаров и емкостного оборудования в России // Вестник СПбГЭУ. Техничко-технологические проблемы сервиса. – 2022. – № 2. – С. 81–84.

Об авторах

Касимов Дамир Айдарович – магистрант кафедры оборудования и автоматизации химических производств, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: damir.kasimov84@gmail.com

Анашкин Николай Николаевич – старший преподаватель кафедры оборудования и автоматизации химических производств, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: tocross@yandex.ru

К.В. Кошчева

ПРОЕКТИРОВАНИЕ АРМОГРУНТОВЫХ ПОДПОРНЫХ СТЕН В УСЛОВИЯХ АВТОМАТИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ

Анализируется проектирование армогрунтовых подпорных стен в условиях роста автоматизации строительных процессов. Выявлены недостатки нормативной базы, включая отсутствие унифицированных методов расчета, и предложены пути оптимизации процесса через автоматизацию аналитических расчетов на языке C#.

Ключевые слова: армогрунтовые подпорные стены, автоматизация расчетов, язык программирования C#.

K.V. Koshcheeva

DESIGN OF REINFORCED SOIL RETAINING WALLS UNDER CONDITIONS OF AUTOMATION OF CONSTRUCTION PROCESSES

The article analyzes the design of reinforced soil retaining walls in the conditions of increasing automation of construction processes. It reveals the defects of the regulatory framework, including the lack of unified calculation methods, and suggests ways to optimize the process through the automation of analytical calculations in the C# language.

Keywords: reinforced soil retaining walls, design automation, C# programming.

Проектирование армогрунтовых подпорных стенок остается актуальной научно-практической задачей в связи с ростом объемов строительства на территориях со сложными инженерно-геологическими условиями.

Подпорные стенки – это инженерные конструкции, предназначенные для удержания грунтовых масс от обрушения на склонах, в котлованах и в других ситуациях, где требуется стабилизация рельефа. Армогрунтовые стены – это комбинированные системы, где грунт выполняет функцию основного материала, а арматура обеспечивает прочность и устойчивость [1]. Проектирование подпорных

стен регламентируется СП 22.13330.2016. Расчет армогрунтовых подпорных стен представлен в СП 472.1325800.2019, ОДМ 218.2.027-2012 и ГОСТ 32960-2014, устанавливающих требования к армированию и проверке предельных состояний [2]. В перечисленных документах изложены общие методические положения, применимые ко всем видам подпорных сооружений. Подробные инструкции по расчету и конструированию должны разрабатываться индивидуально для каждого типа армирования на основе лабораторных и натурных исследований [3]. Таким образом, можно сделать вывод, что нет нормативного документа, в котором были бы учтены все требования и подходы к проектированию армогрунтовых подпорных стен.

Аналитические методы требуют ручного подбора параметров, включая итерационный расчет геометрии стенки, корректировку коэффициентов запаса. Такие расчеты занимают до 40 % времени проекта и подвержены человеческому фактору. Численные методы, такие как МКЭ (в программных комплексах PLAXIS, GeoStudio), позволяют точнее моделировать напряженно-деформированное состояние (НДС) системы «стенка – основание», учитывая нелинейность свойств грунта и арматуры. Однако их применение ограничено количеством лицензий в вузе и необходимостью высокой квалификации пользователей.

Для устранения субъективных ошибок и сокращения времени расчетов для типовых конструкций перспективна разработка алгоритмов автоматизации. Автоматизировать процесс расчетов можно различными способами, включая разработку расчетных программ, приложений и форм. Один из вариантов – написание программы на объектно-ориентированном языке программирования C#. Преимущества программы на C# для расчета АГС включают в себя гибкость форм и простоту внесения правок в код, программа не требует установки, результаты выводятся в наглядные таблицы.

Создание расчетной программы на языке программирования C# включает несколько последовательных этапов, которые обеспечивают функциональность и удобство взаимодействия с пользователем. Проект разрабатывается в Visual Studio, где создается форма, представляющая собой пользовательский интерфейс Windows. На первом этапе до-

бавляются различные элементы управления, такие как кнопки, текстовые поля и метки. Эти элементы служат основными средствами взаимодействия пользователя с программой (рис. 1).

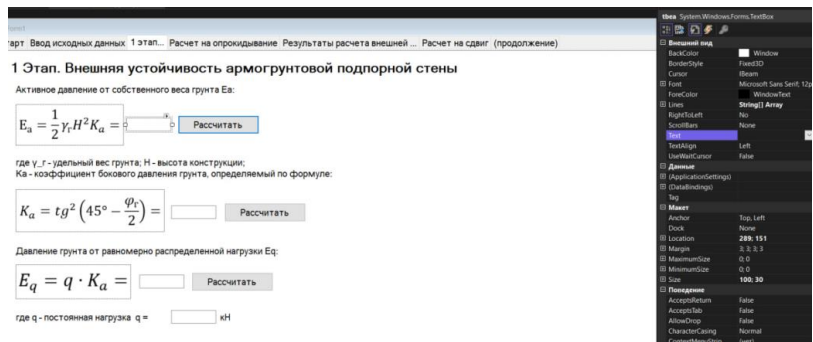


Рис. 1. Создание формы

Следующий шаг включает написание обработчиков событий на языке C# (рис. 2). Обработчики событий отвечают за реакцию программы на действия пользователя, такие как нажатие кнопки или изменения текста в элементе управления типа TextBox. Ввод переменных происходит через соответствующие элементы управления, что позволяет пользователю вводить необходимые данные для расчета. Наконец, после получения всех входных данных, результат вычислений выводится на экран, что завершает процесс взаимодействия пользователя с программой.

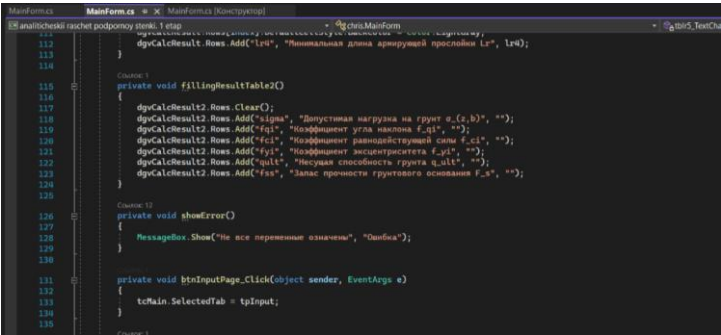


Рис. 2. Задание переменных на C#

Проектирование армогрунтовых стен требует разработки нормативной документации, где были бы учтены все требования и подходы, и внедрения гибридных методов расчета. Автоматизация на С# позволяет сократить время рутинных операций, минимизировать ошибки и обеспечить соответствие проектов актуальным стандартам.

Список литературы

1. СП 381.1325800.2018. Свод правил. Сооружения подпорные. Правила проектирования: изд. официальное: утв. и введ. в действие Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 23.07.2018 года № 444/пр: дата введ. 24.01.2019. – М.: Стандартинформ, 2018. – 103 с.

2. Усова А.В. Обследование армогрунтовых подпорных стен // Тенденции развития науки и образования. – 2021. – № 79–2. – С. 98–101.

3. Петрова О.Н., Солдатов А.А., Яшин С.О. Современные дорожно-строительные материалы. Геосинтетические материалы // Вестник науки и образования. – 2021. – № 7–3 (110). – С. 27–30.

Об авторе

Кощеева Кристина Владимировна – магистрант кафедры строительного производства и геотехники, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: k.kr.vla@gmail.com

В.О. Красноперова, Б.И. Стародубцев

ИССЛЕДОВАНИЕ УПЛОТНИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ТЕРМОРАСШИРЕННОГО ГРАФИТА И ПАРОНИТА

В основу работы положено рассмотрение влияющих факторов на ускоренное разрушение рабочих поверхностей уплотнительных материалов, сравнение условий их герметичности и прочности, а также универсальности применения к различным средам.

Ключевые слова: уплотнительные материалы, терморасширенный графит, паронит.

V.O. Krasnoperova, B.I. Starodubtsev

INVESTIGATION OF SEALING MATERIALS FROM THERMALLY EXPANDED GRAPHITE AND PARONITE

The work is based on the consideration of influencing factors on the accelerated destruction of the working surfaces of sealing materials, comparing the conditions of their tightness and strength, as well as the versatility of application to various media.

Keywords: sealing materials, thermally expanded graphite.

Вследствие развития новых технологий в химической, нефтедобывающей, нефтеперерабатывающей и других отраслях промышленности используют уплотнения, выполненные из различных материалов.

Уплотнительные материалы предназначены для герметизации фланцевых соединений, арматуры, трубопроводов, сосудов, резервуаров, насосов, двигателей, турбин и т.д. Материал прокладок может использоваться разнообразный. Он зависит от среды, ее агрессивности и температурных диапазонов рабочей среды. Например, используют такие материалы, как графит, фторопласт, резина, паронит.

Одними из самых распространенных уплотнительных материалов является терморасширенный графит (ТРГ). Терморасширенный графит – материал, получаемый из природного графита путем его нагрева до высоких температур. При нагревании происходит

расширение, которое приводит к значительному увеличению объема и изменению структуры. Благодаря быстрому нагреву ТРГ приобретает такие свойства, как низкая плотность, гибкость, а также высокая тепло- и электропроводность. ТРГ не воспламеняется, не поддерживает горения, не обладает токсичностью и применим в широком многообразии сред (нефтепродукты, топлива, природный и попутный газы, азот, кислород, воздух и т.д.) [1].

ТРГ получают методом нагрева интеркалированных соединений графита или графита, состоящего из природного крупночешуйчатого графита при температурах от 900 до 1200 °С [2]. При данном температурном диапазоне происходит выделение газа или водяного пара из межслоевых пространств, и графитовые слои начинают расширяться. Этот процесс приводит к резкому увеличению объема материала и к образованию рыхлой структуры. В таком случае необходимо контролировать степень расширения графита, так как именно от этого будут зависеть механические свойства и герметичность. Далее из рыхлой структуры изготавливают ленты путем прессования, а затем ленты могут подвергаться дополнительной сушке для устранения излишней влаги (рис. 1). После того как лента из ТРГ готова, она поддается процессу прессования для придания ей окончательной формы и размеров уплотнения (рис. 2).



Рис. 1. Лента из ТРГ

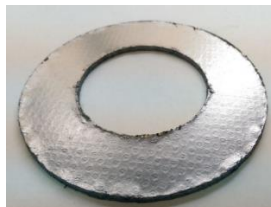


Рис. 2. Уплотнение из ТРГ

Еще одним из самых распространенных уплотнительных материалов является паронит. Паронит – это материал, изготавливаемый под воздействием пресса из смеси асбеста, каучука и дополнительных ингредиентов [3]. Уплотнения из паронита обладают высокой термостойкостью, способны работать в любых температурах с сохранением своих механических свойств.

Паронитовые уплотнительные материалы асбестовые изготавливаются из основных компонентов, таких как асбест, и органических смол или резин, которые являются связующими веществами. Данные вещества смешиваются, а затем происходит изготовление ленты. Для этого массу либо прокатывают, либо прессуют в форму в зависимости от нужной толщины и плотности (рис. 3). После того как лента из паронита готова, она поддается процессу прессования для придания ей окончательной формы и размеров уплотнения (рис. 4). Материал податлив и легко подвергается механическому воздействию, поэтому изготовление прокладок даже сложных конфигураций не вызывает трудностей. Паронитовые уплотнительные материалы не проявляют коррозионно-активных свойств при работе с различными сплавами, латунью и др. [3]. Несмотря на это, уплотняемая поверхность может быть подвергнута коррозии из-за содержания хлора и серы в асбесте.



Рис. 3. Лента из паронита



Рис. 4. Уплотнение из паронита

При осуществлении выбора материала, из которого будут изготавливать уплотнения, берут в расчет технологические особенности производственных процессов, сравнивают их достоинства и недостатки.

Выбор между ТРГ и паронитом зависит от конкретных условий эксплуатации, таких как температура, давление, рабочая среда, химическое воздействие и требования к герметичности. Уплотнительные материалы из ТРГ могут работать при температурах от -200 до $+500$ °С в окислительных средах и до $+3000$ °С в инертных средах. Прокладки из паронита используются при диапазоне от -40 до $+450$ °С. Данные температурные пределы позволяют использовать паронитовые уплотнения при транспортировке воды в системе, пара, воздуха, сухих нейтральных инертных газов, водных

растворов солей, аммиака, жидкого азота и кислорода, а также тяжелых и легких нефтепродуктов [4]. ТРГ способен работать с большинства химических веществ, включая кислоты, щелочи, масла и растворители, в отличие от уплотнительных материалов из паронита. Паронитовые уплотнения имеют более высокую прочность, так как являются более жесткими по своей структуре, поэтому могут использоваться в системах с высоким давлением и при воздействии значительных механических нагрузок. Они более устойчивы к деформации под воздействием давления, чем ТРГ. Уплотнения из ТРГ остаются более гибкими и мягкими, что позволяет компенсировать и заполнять неровности на уплотнительных поверхностях соединяемых деталей. Таким образом, прокладки из ТРГ являются пластичными и деформируемыми.

Исходя из вышесказанного, уплотнительные материалы из ТРГ превосходят паронитовые уплотнения с точки зрения температурных расширений, так как подходят для работы при широком температурном диапазоне, являются пластичными, способны работать в агрессивных, щелочных, кислотных и других средах. А также они более безопасны для здоровья человека.

Большинство химических предприятий выбирает именно армированные прокладки из ТРГ. Армированные уплотнения из ТРГ повышают механическую прочность и устойчивость к деформациям. Их стоимость гораздо выше, чем у уплотнительных материалов из паронита. Это обусловлено более усложненным процессом производства.

Список литературы

1. Терморасширенный графит: синтез, свойства и перспективы применения (Обзор) / А.В. Яковлев, А.И. Финаенов, С.Л. Забудьков, Е.В. Яковлева // Журнал прикладной химии. – 2006. – Т. 79, № 11. – С. 1761–1771.
2. Терморасширенный графит. Большая российская энциклопедия [Электронный ресурс]. – URL: <https://bigenc.ru/c/termorasshirenniy-grafit-91b742> (дата обращения: 14.01.2025).

3. Все о паронитовых прокладках: какая лучше, размеры, технические характеристики [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.promresurs.ru/company/blog/prokladki-paronitovye-obshhego-naznachenija/?ysclid=m5o9w6eg1a788684360> (дата обращения: 14.01.2025).

4. Подбор уплотнительных материалов для фланцевых соединений [Электронный ресурс]. – URL: <https://karbon-group.ru/novosti/news-post/rekomendatsii-po-podboru-uplotnitelnykh-materialov-dlya-flantsevykh-soyedineniy> (дата обращения: 14.01.2025).

Об авторах

Красноперова Вероника Олеговна – студентка кафедры оборудования и автоматизации химических производств, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: veronika-k0123@yandex.ru

Стародубцев Борис Игоревич – канд. техн. наук, доцент кафедры конструкций автобронетанковой техники, Пермский военный институт войск национальной гвардии Российской Федерации, e-mail: starbor45@gmail.com

К.А. Курбатов

МОДЕЛЬ ПРОГНОЗНОЙ КАЛЬКУЛЯЦИИ ТРЕБУЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ И ОБЪЕМОВ РАБОТ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЗАЩИТНЫХ КОЖУХОВ ТРУБОПРОВОДОВ

При проектировании и разработке рабочей документации учитывается много различных факторов. Обязательно должны учитываться все нормы и стандарты, СНиП, ГОСТ, СП. Рассмотрена модель прогнозной калькуляции требуемых материалов и объемов работ при проектировании защитных кожухов трубопроводов.

Ключевые слова: калькуляция, проектирование, нормы, стандарты, трубопроводы, защитный кожух.

K.A. Kurbatov

A MODEL FOR PREDICTIVE CALCULATION OF REQUIRED MATERIALS AND VOLUMES OF WORK IN THE DESIGN OF PIPELINE PROTECTIVE COVERS

Many different factors are taken into account when designing and developing working documentation. All norms and standards, SNiP, GOST, and joint ventures must be taken into account. The article considers a model for predictive calculation of required materials and volumes of work in the design of pipeline protective covers.

Keywords: calculation, design, norms, standards, pipelines, protective casing.

Для эффективного проектирования и монтажа защитных кожухов трубопроводов, которые служат для защиты трубопроводных систем от внешних факторов, таких как механическое повреждение, коррозия и воздействие агрессивных веществ, необходимы точные расчеты, которые включают в себя прогнозирование необходимых материалов и объемов работ, а также соблюдение норм и стандартов [1].

Для того чтобы полностью разработать рабочую документацию по строительству и монтажу защитных кожухов с соблюдением всех норм, требуется довольно много рабочего времени, а также

необходима соответствующая квалификация специалиста по проектированию. Разработка рабочей документации включает в себя множество этапов и прилагаемых к ней документов. Ошибки в расчетах недопустимы, они могут привести к перерасходу материалов, увеличению сроков выполнения работ, а также к снижению безопасности эксплуатации трубопроводов.

Изначально для разработки необходимо задаться исходными данными, от чего уже будут зависеть дальнейшие шаги проектирования. От исходных данных зависит, будет ли защитный кожух трубопровода разрезным или неразрезным, необходимо ли для защитного кожуха предусматривать вытяжную свечу либо контрольно-вытяжную трубку, какой будет диаметр защитного кожуха, и главное, какими нормами и стандартами руководствоваться при проектировании.

Сущность модели прогнозной калькуляции требуемых материалов и объемов работ заключается в том, что с ее помощью будет возможным спроектировать и разработать необходимую документацию для монтажа защитных кожухов трубопроводов в более меньший срок, чем при разработке с нуля вручную. Для этого нужно будет только задаться исходными данными.

В основе модели будут заложены строительные нормы и правила, все возможные ГОСТ, своды правил, учтены ошибки и недоработки прошлых проектов. Исходя из этого, программа будет минимизировать все возможные ошибки при расчетах и выдавать желаемый результат.

Модель позволит автоматизировать трудоемкие и многократно повторяющиеся ручные задачи при построении моделей машинного обучения. Специально написанная программа на основе модели будет в кратчайшее время производить расчет на основе задаваемых исходных данных, представленных в таблице, и выдавать готовую на 90 % и более рабочую документацию со всем необходимым материалом.

Готовым материалом прогнозной калькуляции являются оформленные рабочие чертежи для монтажа, такие как план расположения защитного кожуха, общий вид защитного кожуха со всеми необходимыми разрезами, видами и узлами, профиль защитного кожуха, план расположения вытяжной свечи (контрольно-вытяжной трубки) при необходимости. Также будут формироваться необходимые готовые прилагаемые документы, такие как спецификация ма-

териалов и оборудования, ведомость объемов работ, ведомость трубопроводов и опросные листы на оборудование при необходимости.

Исходные данные и их влияние на результат проектирования

Параметр	Влияние параметра на результат проектирования
Участок трубопровода: проектируемый/существующий	Для проектируемого участка следует применять неразрезной футляр для экономии материалов и объема выполненных работ по монтажу. Для существующего необходимо применять разрезной футляр для простоты его монтажа
Перекачиваемая среда	Трубопроводы с газообразной перекачиваемой средой должны защищаться защитными кожухами с вытяжными свечами или контроль-дыхательными трубками. Трубопровода с жидкой перекачиваемой средой установки вытяжных свечей и контроль-дыхательных труб не требуется [3]
Вид преграды, пересекаемой трубопроводом [3]: автомобильная/железнодорожная дорога; непосредственная близость подземных сооружений и коммуникаций	Для каждого пересечения свои нормы и правила, от пересечения зависят в большей степени длина футляра и глубина его заложения
Вид трубопровода: магистральный, промышленный, технологический, водоотведения и канализации, трубопроводы газораспределительных систем [2]	Для каждого вида трубопровода соответствуют свои нормы по проектированию, обслуживанию и монтажу. От вида трубопровода могут зависеть длина защитного кожуха, глубина его заложения, материал изготовления кожуха, диаметр защитного кожуха
Диаметр трубопровода	Внутренний диаметр защитного кожуха принимается в большинстве случаев на 200 мм больше наружного диаметра трубопровода. Но в некоторых случаях может приниматься на 100 мм больше
Глубина залегания трубопровода	От глубины залегания трубопровода зависит расчет выемки грунта, расчет объема подсыпки грунта выше натуральных отметок земли вдоль защитного кожуха (при необходимости). Также если расстояния в свету между верхом трубопровода и поверхности земли не будут удовлетворять требованиям норм и стандартов, участок необходимо переустанавливать, что влечет за собой больший объем работ

Таким образом, модель прогнозной калькуляции способна минимизировать ошибки при проектировании, что, в свою очередь, повышает безопасность эксплуатации трубопроводных систем, а также важным фактором является сокращение в несколько раз затрачиваемого времени на проектирование.

Список литературы

1. Устройство футляров [Электронный ресурс]. – URL: <https://stalker58.ru/nashi-uslugi/ustrojstvo-futlyarov/> (дата обращения: 18.02.2025).
2. Зубаилов Г.И. Обеспечение безопасности длительно эксплуатируемых стальных трубопроводов газораспределительных систем: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 25.00.19, 05.25.03. – 2007. – 28 с.
3. Свод правил СП 86.13330.2022 «Магистральные трубопроводы». Актуализированная редакция СНиП III-42-80*: утв. приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 14 апреля 2022 г. № 285/пр.
4. Мешалкин, В.П., Мошев Е.Р., Аристов В.М. Основы цифровизированной интегрированной логистической поддержки химико-технологических систем: учеб. пособие. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2003. – 401 с.

Об авторе

Курбатов Кирилл Александрович – студент кафедры оборудования и автоматизации химических производств, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: kurbatov-kirya@inbox.ru

Е.С. Лесникова, Е.Р. Мошев

ПРИМЕНЕНИЕ РЕКУПЕРАТОРОВ ДЛЯ ПОГЛОЩЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ

Рассмотрен процесс генерации пара среднего давления на предприятии отрасли минеральных удобрений, предложен процесс повышения температуры питательной воды, поступающей в барабан парового котла, за счет ее подогрева в рекуператоре с целью снижения расхода пара с давлением 12 кгс/см² на подогрев химочищенной воды до рабочей температуры процесса деаэрации.

Ключевые слова: котельная установка, генерация пара, паровой котел, пар среднего давления, питательная вода, водяной пар, природный газ, рекуператор, деаэратор, химочищенная вода.

E.S. Lesnikova, E.R. Moshev

APPLICATION OF RECUPERATORS FOR ABSORBING THE TEMPERATURE OF FLUE GASES

The process of generating medium-pressure steam at a mineral fertilizers plant has been examined. A method for increasing the temperature of the feed water entering the steam boiler drum has been proposed, which involves heating it in a recuperator. This aims to reduce the steam consumption at a pressure of 12 kgf/cm² for heating chemically purified water to the working temperature of the deaeration process.

Keywords: boiler installation, steam generation, steam boiler, medium-pressure steam, feed water, water vapor, natural gas, recuperator, deaerator.

В условиях современного производства, особенно в таких отраслях, как минеральные удобрения, важными аспектами являются оптимизация энергетических процессов, снижение экологического воздействия, экономической целесообразности и технологического прогресса [1]. Рекуператоры позволяют утилизировать теплоту, содержащуюся в дымовых газах, и использовать ее для предварительного подогрева воздуха или других теплоносителей, что способствует снижению потребления топлива.

Водяной пар среднего и высокого давления, преобразующий теплоту в механическую работу в паросиловых установках, является

одним из главных источников энергии на любом предприятии химической отрасли вне зависимости от того, в каком технологическом блоке он используется. Для производства такого пара практически каждое предприятие имеет собственную систему генерации пара – паровую котельную, с возможностью последующего распределения получаемого пара между установками-потребителями [2, 3].

В Филиале «ПМУ» АО «ОХК «УРАЛХИМ» в г. Перми, в цехе по производству карбамида применяется следующее оборудование генерации пара среднего давления: котел поз. В-1 со встроенным пароперегревателем, предназначенный для получения пара с давлением 40–44 кгс/см², температурой до 399 °С и массовым расходом до 113,4 т/ч и представляющий собой газоплотный котел с естественной циркуляцией воды, одним верхним барабаном и двумя грязевыми коллекторами [4].

Основные характеристики процесса генерации пара среднего давления:

1. Водяной пар с давлением до 42 кгс/см² в котельной цеха карбамида получается путем подогрева и испарения воды в барабане котла поз. В-1 за счет тепла, получаемого в процессе сжигания природного газа в топке котла.

2. Дымовые газы, выходящие из топки котла после зоны трубчатого пароперегревателя, частично охлаждаются с температуры около 380 °С до температуры около 185 °С за счет подогрева в трубчатом экономайзере питательной воды, поступающей в барабан котла, и затем сбрасываются в атмосферу через дымовую трубу.

3. Исходная химочищенная вода (ХОВ) с температурой от 75 °С (в зимний период года) до 95 °С (в летний период года) поступает в котельную и предварительно проходит стадию деаэрации для удаления растворенного в воде кислорода, где за счет прямого теплообмена с паром низкого давления (12 кгс/см²) температура ХОВ повышается до 116–120 °С (температура насыщения при рабочем давлении в деаэраторе), что способствует выведению газов. После стадии деаэрации ХОВ в качестве питательной воды насосом подается через экономайзер в барабан котла поз. В-1.

Исходя из сказанного выше, была сформулирована следующая

щая цель работы: подобрать и рассчитать теплообменник рекуперативного принципа действия, который обеспечит снижение потребления пара с давлением 12 кгс/см^2 , предназначенного для разогрева химочищенной воды до рабочей температуры процесса деаэрации.

В ходе работы предполагается решение следующих задач:

- установка нового теплообменника-рекуператора в участок газохода котла поз. В-1 между экономайзером поз. К-1.3 и дымовой трубой;

- подача в нагреваемую сторону нового рекуператор потока ХОВ, поступающего на деаэрацию в котельную в количестве около 83 т/ч ;

- нагрев потока ХОВ в новом рекуператоре за счет тепла дымовых газов, выходящих после экономайзера поз. К-1.3.

Расход произведенного пара, используемого с исходным давлением 12 кгс/см^2 для процесса деаэрации, регистрируется и составляет в норме на выработку пара в среднем около $3,8 \text{ Гкал/ч}$ в зимний период (ноябрь – апрель) и около $3,0 \text{ Гкал/ч}$ в летний период (май – сентябрь).

Согласно предварительным расчетам, расход пара низкого давления на деаэрацию будет снижен на $1,23 \text{ Гкал/ч}$ за счет подогрева ХОВ в новом рекуператоре на $12 \text{ }^\circ\text{C}$. Экономия будет достигаться, когда температура окружающего воздуха не превышает $15 \text{ }^\circ\text{C}$. При подъеме температуры воздуха выше $15 \text{ }^\circ\text{C}$ количество сэкономленного пара на деаэрацию будет уменьшаться ввиду изначально высокой температуры ХОВ, поступающей с установки химводоподготовки сырья № 1.

К установке предлагается рекуператор типа ВП-ОПТ-179/77,1-95/0,083 (рисунок). Рекуператор представляет собой теплообменник пластинчатого типа, выполненный из оребренных панелей – стальных листов с продольно приваренными ребрами. Между оребренными панелями размещается рамка из прутков, выполненных из нержавеющей стали, образующая многоходовой «лабиринт» для протока жидкости. Панели и рамки герметично приварены друг к другу. Оребренный лист панели является границей раздела сред, через который происходит интенсивный теплообмен [5].

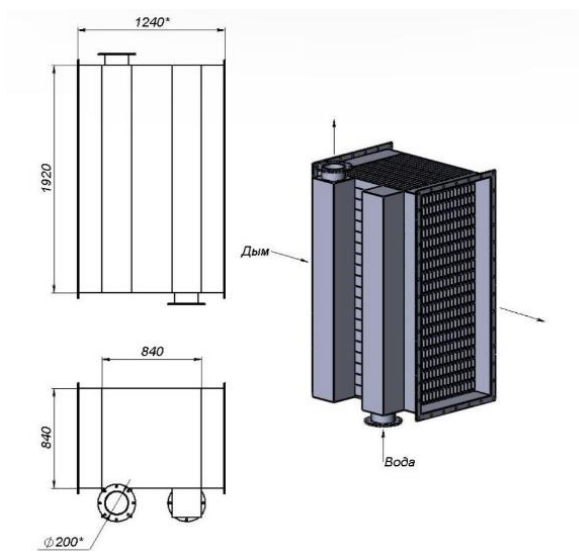


Рис. Эскиз рекуператора типа ВП-ОПТ-179/77,1-95/0,083

Список литературы

1. Мешалкин В.П., Мошев Е.Р., Аристов В.М. Основы цифровизированной интегрированной логистической поддержки химико-технологических систем: учеб. пособие. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2023. – 401 с.
2. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – 7 изд. – М.: Госуд. науч.-техн. изд-во хим. литературы, 1961. – 832 с.
3. Тарасюк В.М. Эксплуатация котлов: практ. пособие для оператора котельной. – М.: ЭНАС, 2008. – 272 с.
4. Инструкция по эксплуатации отделения парообразования установки синтеза карбамида цеха № 3 3-Т-21 / Филиал «ПМУ» АО «ОХК «УРАЛХИМ». – Пермь. – 120 с.
5. Злотин В.Е., Злотин Д.В., Калинин Н.М. Эффективные рекуператоры тепла нового поколения. // Новости теплоснабжения. – 2011. – № 1. – С. 5–6.

Об авторах

Лесникова Екатерина Сергеевна – магистрант кафедры оборудования и автоматизации химических производств, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: lesnikova.catya2016@yandex.ru

Мошев Евгений Рудольфович – д-р техн. наук, зав. кафедрой оборудования и автоматизации химических производств, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: erm@pstu.ru

Т.И. Малмыгина, И.Г. Ложкин

ВНЕДРЕНИЕ НАНОМАТЕРИАЛОВ В ТЕПЛООБМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Рассмотрена возможность замены некоторых стальных элементов теплообменного аппарата на элементы из наноматериалов. Представлена сравнительная характеристика главных параметров, а также возможные недостатки при внедрении новых материалов в технологический процесс.

Ключевые слова: графен, наноматериалы, теплообмен, теплопередача.

T.I. Malmygina, I.G. Lozhkin

INTRODUCTION OF NANOMATERIALS IN HEAT EXCHANGE EQUIPMENT TO INCREASE EFFICIENCY

The possibility of replacing some steel elements of a heat exchanger with elements made of nanomaterials is considered. A comparative characteristic of the main parameters is presented, as well as possible disadvantages when introducing new materials into the technological process.

Keywords: graphene, nanomaterials, heat transfer, heat transfer.

Эффективность процесса теплопередачи зависит как от коэффициентов отдачи сред, так и от коэффициента теплопроводности перегородки между ними.

Целью работы является повышение эффективности теплопередачи без изменения конструкции теплообменника путем замены материала его трубок.

В процессе исследования свойств материалов самыми перспективными оказались наноматериалы, в частности графен.

Рассмотрим достоинства и недостатки наноматериалов.

К достоинствам можно отнести:

– увеличенную теплопроводность (благодаря своей структуре наноматериалы гораздо лучше переносят тепло от теплоносителя, что может значительно улучшить процесс теплообмена) [2];

- меньший вес (многие наноматериалы изготавливают пористой текстурой) [3];
- коррозионную стойкость (наноматериалы более устойчивы к коррозии, что продлевает срок службы оборудования и снижает затраты на замену элемента);
- повышенную прочность (благодаря текстуре (нанотрубки или наночастицы) наноматериалы обладают высокой прочностью);
- разработку адаптации под определенные технологические условия (возможность задать характеристики для стойкости материала под нестандартные условия технологического процесса);
- жаропрочность (материал способен выдержать большие температурные изменения) [2].

Недостатками отметим:

- высокую стоимость производства; производство может иметь большие экономические затраты из-за сложных технологий;
- некоторые наноматериалы имеют малую химическую стойкость [2];
- сложность в соединении с другими материалами.

Сравним некоторые характеристики нержавеющей стали 12Х18Н10Т [4] и наноматериала на примере графена [2] (двумерная аллотропная модификация углерода, образованная слоем атомов толщиной в один атом). Сравнительная характеристика представлена в табл. 1.

Таблица 1

Сравнительная характеристика материалов

	Сталь 12Х18Н10Т	Графен
Теплопроводность, Вт/(м·К)	15	4300–5300
Плотность, кг/м ³	7930	77
Жаростойкость, °С	До 800	До 3000
Допускаемые напряжения, МПа	184	3000

По выбранным материалам сделан расчет удельного теплового потока через стенку теплообменных трубок при определенных рабочих параметрах (1).

$$q = \frac{\lambda}{\delta} (t_{\text{г}} - t_{\text{х}}). \quad (1)$$

Исходные данные и результаты расчета представлены в табл. 2.

Таблица 2

Исходные данные и результат расчета удельного теплового потока

	Стенка из стали 12X18H10T	Стенка из графена
Толщина δ , м	0,002	
Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·К)	15	4300
Удельный тепловой поток q , Вт/м ²	$3,7 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^{14}$

По результатам расчета можно сделать вывод, что значения теплового потока через стенку трубки из материала «графен» выше, чем из стальной. Также за счет повышенной прочности наноматериалов можно уменьшить толщину теплообменной стенки, что дополнительно увеличит тепловой поток.

При замене стальных материалов на наноматериалы есть высокая вероятность достичь значительных улучшений в показателях работы теплообменного оборудования, однако для внедрения наноматериалов необходимы усилия в разработке технологий, установление стандартов и модернизация существующей технологии изготовления материалов.

Список литературы

1. Пчелинцева Н.В., Чепраков И.В., Картечина Н.В. Нанотехнологии и наноматериалы в современном мире // Наука и Образование. – 2022. – Т. 5, № 1.

2. Кулакова И.И., Лисичкин Г.В. Химическое модифицирование графена // Журнал общей химии. – 2020. – Т. 90, № 10. – С. 1601–1626.

3. Трибологические свойства графита, графена и фторографита, фторографена / В.М. Юров, К.Н. Жангозин, В.И. Гончаренко, В.С. Олешко // Современные наукоемкие технологии. – 2024. – № 7. – С. 81–87.

4. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: учеб. пособие для вузов. – 11-е изд., стереотипное. – М.: ООО «РусМедиа-Консалт», 2004. – 576 с.

Об авторах

Малмыгина Таисия Игоревна – студентка кафедры оборудования и автоматизации химических производств, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: taya.malmygina@yandex.ru

Ложкин Игорь Галактионович – старший преподаватель кафедры оборудования и автоматизации химических производств, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: igl@pstu.ru

А.С. Мельчаков, А.Г. Шумихин

**СИСТЕМА МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ
В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ, РЕАЛИЗОВАННАЯ НА ОТЕЧЕСТВЕННОЙ
ВЕБ-ПЛАТФОРМЕ IXYBERPLATFORM**

Рассмотрены этапы построения системы виртуального анализа качества продукции, ориентированной на использование отечественного программного обеспечения и технологий. Система не только решает задачу оперативного мониторинга качества продукции, но и предоставляет возможность интеграции с различными автоматизированными системами управления, эффективно адаптируясь к изменениям в технологическом процессе.

Ключевые слова: мониторинг качества продукции, виртуальный анализ, системы управления, интеграция, импортозамещение, технологии.

A.S. Melchakov, A.G. Shumikhin

**REAL-TIME PRODUCT QUALITY MONITORING SYSTEM
IMPLEMENTED ON THE DOMESTIC IXYBERPLATFORM
WEB PLATFORM**

The stages of building a virtual product quality analysis system focused on the use of domestic software and technologies are considered. The system not only solves the problem of operational monitoring of product quality, but also provides the possibility of integration with various automated control systems, effectively adapting to changes in the technological process.

Keywords: product quality monitoring, virtual analysis, management systems, integration, import substitution, technologies.

С учетом стремительного развития цифровых технологий и повышения требований к производственной эффективности системы мониторинга качества продукции стали неотъемлемой частью современных промышленных производственных процессов. Одной из ключевых задач является создание технических решений, способных обеспечить высокую точность контроля качества продукции в

реальном времени, минимизируя при этом зависимость от зарубежных технологий и программных продуктов. Исходя из требований технологической независимости, вопросы импортозамещения становятся особенно актуальными.

В рамках работы, этапы которой рассматриваются, была создана система виртуального анализа качества продукции (мониторинга), построенная на отечественной веб-платформе IxuberPlatform ООО «Промышленная кибернетика», что позволило снизить зависимость от иностранных решений.

Система мониторинга качества продукции использует язык программирования Python для реализации ключевых алгоритмов обработки данных, что дает высокую гибкость и позволяет адаптировать систему под различные производственные требования и процессы. Использование PostgreSQL в качестве системы управления базами данных (СУБД) обеспечивает надежное хранение данных, высокую производительность и совместимость с различными источниками данных.

Для получения данных о производственном процессе в реальном времени система интегрируется с автоматизированными системами управления (АСУ) через протокол OPC A&E. Эти данные затем сохраняются в базе данных PostgreSQL, что позволяет гарантировать их безопасность, структурированность и доступность для последующей обработки.

Система включает в себя несколько ключевых алгоритмов и методов для обеспечения точности мониторинга и анализа качества продукции. Эти алгоритмы охватывают следующие этапы обработки данных:

1. Контроль и валидацию входных данных. Все получаемые данные проверяются на корректность и достоверность. Важно, чтобы данные, поступающие через протокол OPC, соответствовали требованиям по качеству и типу. Используются три категории качества данных: Good (хорошие данные), Bad (недостоверные данные) и Uncertain (неопределенные данные). В ходе валидации данные подвергаются фильтрации и нормализации, что позволяет исключить ошибочные или неточные значения.

2. Фильтрацию и анализ достоверности сигналов. Для повышения точности системы реализованы алгоритмы, которые фильтруют выбросы и компенсируют пропущенные значения. Это критически важно для точного прогнозирования показателей качества, так как любые отклонения или ошибки в данных могут существенно повлиять на результат.

3. Расчет выходного значения виртуального анализатора. Прогнозирование показателей качества продукции осуществляется с использованием регрессионной модели виртуального анализатора (ВА). В модели учитывается смещение (BIAS), что позволяет корректировать прогнозируемые значения, обеспечивая точность предсказаний в условиях изменений в производственном процессе.

4. Адаптацию регрессионной модели. Для обеспечения высокой точности прогнозов регрессионная модель адаптируется с учетом текущих условий. Эта адаптация включает компенсацию систематической ошибки, которая достигается через корректировку свободного члена или коэффициентов регрессии. В будущем планируется интеграция нейросетевых технологий для дальнейшего улучшения точности прогнозирования, что позволит автоматизировать процесс коррекции коэффициентов и повысить адаптивность системы.

Для взаимодействия с пользователем разработан веб-интерфейс, который предоставляет возможность мониторинга ключевых показателей качества в реальном времени. Интерфейс включает следующие ключевые модули:

- панель переменных ВА – отображает прогнозируемые параметры технологического процесса;
- журнал лабораторных данных – хранит информацию о проведенных лабораторных анализах и результатах, полученных на основе прогнозируемых данных;
- настройки ВА – позволяют оператору изменять параметры модели и настроек анализатора;
- модуль трендов – визуализирует изменения в показателях ВА во времени, что позволяет оперативно реагировать на изменения и отклонения в процессе.

Интерфейс системы разработан таким образом, чтобы он был

интуитивно понятным для оператора, позволяя быстро адаптироваться к новой системе и повышая эффективность работы.

Предложенная система прогнозирования и подстройки ВА представляет собой эффективный инструмент для оптимизации технологических процессов.

Список литературы

1. Братчиков В.А., Братчиков М.А., Стафейчук Б.Г. Система мониторинга сигнализаций на химических и нефтехимических производствах // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Химическая технология и биотехнология. – 2024. – № 3. – С. 275–279.

2. Власов С.А., Шумихин А.Г. Автоматизация настройки в компьютерных тренажерах математических моделей технологических объектов с применением технологии искусственных нейронных сетей // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Химическая технология и биотехнология. – 2020. – № 2. – С. 102–112.

3. Опыт разработки системы виртуального анализа показателей качества продуктов установок каталитического риформинга бензиновых фракций и системы их подстройки в режиме реального времени / А.Г. Шумихин, М.П. Зорин, А.М. Немтин, В.Г. Плехов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Химическая технология и биотехнология. – 2017. – № 2. – С. 45–62.

Об авторах

Мельчаков Александр Сергеевич – магистрант кафедры оборудования и автоматизации химических производств, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: melchackov.aleksander@gmail.com

Шумихин Александр Георгиевич – д-р техн. наук, профессор кафедры оборудования и автоматизации химических производств, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: atp@pstu.ru

Ш.Э. Мехдиев, Б.И. Стародубцев

ИЗНОС УПЛОТНЕНИЙ В ПЛАСТИНЧАТЫХ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТАХ

Исследуются факторы, влияющие на ускоренный износ уплотнительных прокладок, используемых в пластинчатой теплообменной аппаратуре, а также современные материалы, применяемые для изготовления уплотнительных элементов, востребованных в современной нефтехимической промышленности.

Ключевые слова: каучук, износ, уплотнительная прокладка, пластинчатый теплообменник.

S.E. Mekhdiiev, B.I. Starodubtsev

WEAR OF SEALS IN PLATE HEAT EXCHANGERS

This paper examines the factors influencing the accelerated wear of sealing gaskets used in plate heat exchange equipment, as well as modern materials used to manufacture sealing elements in demand in the modern petrochemical industry.

Keywords: rubber, wear, sealing gasket, plate heat exchanger.

Уплотнения в пластинчатых теплообменных аппаратах играют ключевую роль в обеспечении их герметичности и эффективности работы. Однако, как и любое другое оборудование, испытывающее постоянные термические и механические нагрузки, уплотнения в пластинчатых теплообменниках подвержены износу. Настоящее исследование направлено на анализ причин износа уплотнений пластинчатых теплообменников и факторов, влияющих на их долговечность.

Оптимальным способом герметизации разъемных соединений в разборных пластинчатых теплообменниках является использование уплотнительных прокладок (рис. 1). Такой подход требует меньших усилий обжатия прокладки и обеспечивает герметичность соединения, даже если смежные поверхности обработаны с меньшей точностью и чистотой, чем при прямом контакте без прокладки.



Рис. 1. Уплотнительная прокладка, размещенная на теплообменной пластине

Для снижения критического удельного давления обжатия можно использовать покрытие жестких прокладок материалом, который легко деформируется. Такой материал заполняет каналы при относительно небольших усилиях обжатия и действует аналогично смазывающей жидкости. В качестве покрытий для прокладок возможно применение таких материалов, как серебро, медь или свинец. Выбор покрытия зависит от условий эксплуатации, включая температурный режим работы аппарата, его давление, агрессивность или же состав рабочих сред и экономическую целесообразность. Недостатком прокладок с покрытием является необходимость восстановления покрытия после каждой разборки аппарата.

Преждевременный износ уплотнительных прокладок может быть следствием некачественной сборки и стяжки теплообменных пластин, что, в свою очередь, значительно увеличивает риск утечек и потребности в ремонте.

Еще одним типом износа является химический износ. Контакт уплотнений с агрессивными средами (кислоты, щелочи, масла, растворители и т.п.) приводит к их набуханию, размягчению или разрушению [1]. Различные материалы обладают разной степенью температурной стойкости, поэтому выбор уплотнений должен основываться не только на анализе химического состава рабочей среды, но и на температурных параметрах рабочей среды.

Нарушение температурного режима является одной из главных причин износа уплотнений пластинчатых теплообменников. Превышение допустимой температуры приводит к затвердеванию и растрескиванию материала, а резкие перепады температур вызывают

микротрещины и деформации [2]. Локальный перегрев может ускорить старение уплотнений, а низкие температуры делают их хрупкими.

В условиях предприятия АО «Сибур-Химпром» рассмотрен пластинчатый подогреватель воды на установке газотурбинной электростанции (ГТЭС). Одним из ключевых факторов, влияющих на его работоспособность, является температурный износ уплотнений, вызванный воздействием горячего конденсата. Для увеличения безремонтного периода от данного вида износа важно правильно выбирать материал уплотнения, который будет соответствовать рабочему температурному режиму аппарата. Помимо этого, необходимо избегать температурных скачков, а также регулярно проверять состояние уплотнений. На рис. 2 показана потеря эластичности уплотнительной прокладки теплообменника в узле подогрева воды для ГТЭС АО «Сибур-Химпром» вследствие нарушения температурного режима.



Рис. 2. Изношенная уплотнительная прокладка

На основе данных эксплуатации подогревателя воды на ГТЭС выявлено, что при давлении в 1 МПа средняя температура конденсата достигает 100–110 °С, что превышает температурные пределы эксплуатации стандартных резиновых уплотнений на основе нитрил-бутадиенового каучука, применяемых сейчас на производстве. В результате срок службы уплотнений снижается до 12–18 месяцев, в то время как при оптимальном выборе материала он может достигать 4–5 лет. Поэтому, исходя из нынешней проблемы, важно рассмотреть и использовать другие современные уплотнения, способные выдерживать более высокие температуры.

Фторкаучук является одним из самых устойчивых материалов, применяемых для изготовления прокладок в пластинчатых теп-

лообменниках. Одним из ключевых преимуществ является его высокая устойчивость к воздействию масел, углеводов и растворителей. Температурный диапазон работы прокладок из фторкаучука составляет от -20 до $+250$ °С. Их применение особенно целесообразно в эксплуатации в условиях высоких температур, где стандартные резиновые материалы быстро выходят из строя [3].

Также один из наиболее востребованных материалов для производства прокладок – этилен-пропиленовый каучук, который выделяется отличной эластичностью и механической прочностью, сохраняя гибкость в широком диапазоне температур (от -20 до $+150$ °С), а также проявляет высокую стойкость к воде, парам, кислотам, щелочам и водным растворам солей [4].

Температурный износ уплотнений в пластинчатых теплообменниках на примере ГТЭС предприятия АО «Сибур-Химпром» является важной эксплуатационной проблемой. Анализ условий работы показал, что выбор более термостойких материалов позволит значительно продлить срок службы уплотнений, обеспечить длительный безремонтный период и снизить затраты на обслуживание. Дальнейшие исследования целесообразно провести в лабораторных условиях на физических моделях, а их результаты могут быть направлены на промышленное тестирование различных типов уплотнений в реальных условиях эксплуатации.

Список литературы

1. Коваленко Л.М., Рудь С.Л. Пластинчатые теплообменные аппараты. – М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1983. – 56 с.
2. Барановский Н.В., Коваленко Л.М., Ястребенецкий А.Р. Пластинчатые и спиральные теплообменники. – М.: Машиностроение, 1973. – 288 с.
3. Пластинчатые теплообменники, ремонт, замена уплотнений [Электронный ресурс]. – 2019. – URL: <https://remontask.ru/plastinchatyye-teploobmenniki-remont-zamena-uplotneniy> (дата обращения: 14.02.2025).
4. Прокладки (уплотнения) для пластинчатых теплообменников [Электронный ресурс]. – 2020. – URL: <https://heat-energy.ru/orders/134->

prokladki-uplotneniya-dlya-plastinchatykh-teploobmennikov (дата обращения: 14.02.2025).

Об авторах

Мехдиев Шамиль Эльчинович – студент кафедры оборудования и автоматизации химических производств, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: mekhdiev.shamil1@yandex.ru

Стародубцев Борис Игоревич – канд. техн. наук, доцент кафедры конструкций автобронетанковой техники, Пермский военный институт войск национальной гвардии Российской Федерации, e-mail: starbor45@gmail.com

Э.А. Михалев, М.А. Ромашкин

ФРЕЙМОВАЯ МОДЕЛЬ ПОРШНЕВОГО НАСОСА

Приведена актуальность разработки фреймовых моделей для динамического оборудования. Представлены разработанная фреймовая модель поршневого насоса и ее описание. Приведена возможность использования разработанной модели.

Ключевые слова: поршневой насос, насос, фреймовая модель, фреймы, динамическое оборудование, перспективы разработки.

E.A. Mikhalev, M.A. Romashkin

THE FRAME MODEL OF THE PISTON PUMP

This article presents the relevance of developing frame models for dynamic equipment. The developed frame model of a piston pump and its description are presented. The possibility of using the developed model is given.

Keywords: piston pump, pump, frame model, frames, dynamic equipment, development prospects.

Разработка фреймовых моделей широко применяется для описания параметров их связей, имеющих в различных системах и объектах. Информационные фреймовые модели могут быть применены:

- при моделировании сложных систем. Любое динамическое оборудование в общем и поршневые насосы в частности обуславливаются довольно сложными взаимодействиями между компонентами их конструкции. Фреймовые модели позволяют структурировать эти взаимодействия, а также представить их в удобной для восприятия форме;

- в управлении данными, их обработке и хранении. В настоящее время достаточно быстро развиваются технологии производства и требования, которые предъявляются к оборудованию. Использование фреймовых моделей позволит обрабатывать информацию каждой единицей оборудования и выявлять взаимосвязи между ее со-

ставляющими. Описание этих связей и их учет, например, в алгоритмах обработки данных, позволят быстро реагировать на изменения в процессе эксплуатации насосов. Это позволит делать правильные выводы и принимать соответствующие решения, связанные с эксплуатацией и ремонтом поршневых насосов.

Применение фреймовых моделей для хранения данных и обработки постоянно увеличивающегося объема эксплуатационной информации способствуют повышению эффективности, надежности и безопасности использования сложного оборудования.

В ходе исследования была разработана фреймовая модель действующего на предприятии поршневого насоса, которая позволит более быстро обрабатывать информацию о рассмотренном оборудовании. Для разработки фреймовой модели был проведен анализ паспортной и эксплуатационной документации: заводской паспорт поршневого насоса, эксплуатационный паспорт, акты проведенных ремонтных работ, технологические инструкции по использованию рассматриваемого насоса и т.д. Также в модель включен ряд дополнительных атрибутов, указанных в источниках [1–3].

На первом этапе разработки фреймовой модели был сформирован фрейм «Основные характеристики», который представлен на рис. 1. Во фрейме «Основные характеристики» описаны паспортные данные поршневого насоса, габаритные размеры, информация о его изготовлении и монтаже на производственной площадке предприятия, а также информация о присоединенных к насосу трубопроводах. Данный фрейм может быть полезен для оперативного анализа основных параметров насоса.

На рис. 2 представлен фрейм «Технологические характеристики». Этот фрейм описывает информацию о технологических параметрах работы насоса. Соблюдение этих параметров при реализации технологического режима и эксплуатации насоса повышает вероятность его бесперебойной работы в рамках межремонтного периода и более долгосрочное использование насоса в целом.

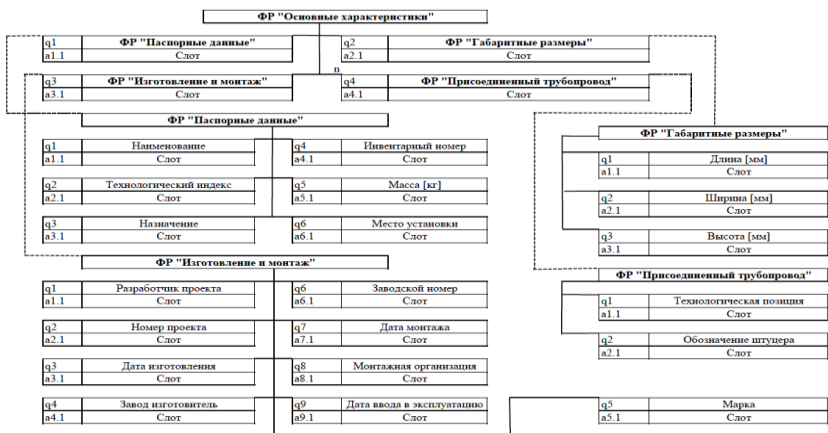


Рис. 1. Фрейм «Основные характеристики»

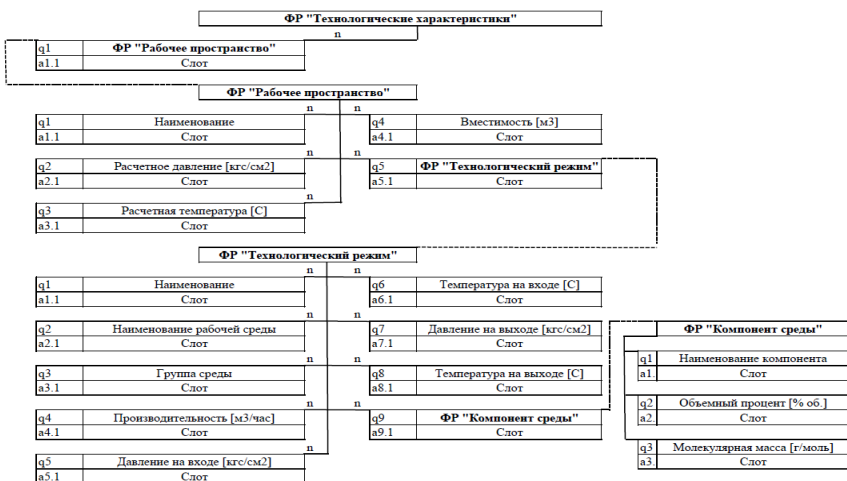


Рис. 2. Фрейм «Технологические характеристики»

В рамках данной статьи приведена только часть разработанной фреймовой модели. Помимо описания паспортных и технологических параметров насоса, с помощью разработанной модели имеется возможность описать и конструкцию насоса с указанием атрибутов для его элементов, таких как цилиндр, клапан, плунжер,

корпус. На данный момент модель состоит из 9 блоков, в которых структурированно размещен 71 атрибут.

Перспективы разработки фреймовых моделей для различного типа динамического оборудования подают надежды на более эффективное развитие конструкций поршневых насосов. Применение фреймовой модели в качестве основы для структуры база данных, функционирующей в составе специализированного программного средства, позволит надежно и безопасно проводить эксплуатацию и ремонт динамического оборудования данного типа.

Список литературы

1. Ведерников М.И. Компрессорные и насосные установки химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности: учеб. пособие для сред. ПТУ. – М.: Высш. шк., 1987.
2. Абдурашитов С.А. Насосы и компрессоры. – М.: Недра, 1974.
3. Чиняев И.А. Поршневые насосы. – М.; Л.: Машиностроение, 1966. - 188 с.

Об авторах

Михалев Эдуард Андреевич – магистрант кафедры оборудования и автоматизации химических производств, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: mkxlv00@mail.ru

Ромашкин Макар Андреевич – канд. тех. наук, доцент кафедры оборудования и автоматизации химических производств, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: t_romash_63@mail.ru

А.Д. Порохин, Е.Р. Мошев

РАЗРАБОТКА ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ АППАРАТА С МАГНИТНЫМ ПЕРЕМЕШИВАЮЩИМ УСТРОЙСТВОМ

Приведены результаты исследования конструкции аппарата с магнитным перемешивающим устройством методами системного анализа. Построены графы и матрицы смежности для описания конструктивных особенностей аппарата. Разработана цифровая модель аппарата, позволяющая моделировать процессы, анализировать характеристики и оптимизировать конструкцию.

Ключевые слова: аппарат с магнитным перемешивающим устройством, системный анализ конструкции, графы, матрицы, цифровая модель.

A.D. Porohin, E.R. Moshev

DEVELOPMENT OF A DIGITAL MODEL OF A MAGNETIC STIRRER

This paper presents the results of a study of the design of a device with a magnetic stirrer using systems analysis methods. Graphs and adjacency matrices are constructed to describe the design features of the device. A digital model of the device is developed, allowing for modeling processes, analyzing characteristics, and optimizing the design.

Keywords: apparatus with magnetic stirring device, system analysis of design, graphs, matrices, digital model.

Современное машиностроение и химическая промышленность предъявляют высокие требования к эффективности и надежности аппаратов. Аппараты с магнитным перемешивающим устройством широко применяются в биотехнологии, фармацевтике и химическом синтезе, обеспечивая равномерное перемешивание реагентов в герметичных условиях. Разработка цифровой модели такого аппарата играет ключевую роль в оптимизации его конструкции, снижая риски и расширяя возможности при проектировании и модернизации, повышает эксплуатационные характеристики, так как она может быть использована для проведения более качественного анализа нагрузок, износа и потенциальных проблем конструкции. Цифровая модель может быть также интегрирована в расчетное программное обеспечение для проведения механических, тепломассообменных и гидромеханических расчетов.

Одним из наиболее эффективных подходов к созданию цифровой модели конструкции является применение метода системного анализа. Этот метод позволяет разложить сложную систему на составные элементы, выявить взаимосвязи между ними и оптимизировать характеристики аппарата на ранних стадиях проектирования.

Цель работы – создание цифровой модели аппарата с магнитным перемешивающим устройством на основании конструкционной схемы, графов вертикальных и горизонтальных размеров, а также матрицы смежности аппарата, построенных с помощью метода системного анализа.

Объектом исследования является аппарат с перемешивающим устройством «БИОР-0,16» – биологический реактор с рабочей вместимостью 0,16 м³. Реактор используется как составная часть полупромышленных ферментационных установок для выращивания культур эукариотических клеток, а также приготовления питательных сред в микробиологическом производстве. Реактор планируется установить в цеху по производству биологически активных добавок для кормовых культур.

В нашем случае системный анализ рассматривался как методология исследования сложных процессов и систем, основанная на их декомпозиции, выявлении и формализации взаимосвязей между элементами, а также разработке оптимальных решений для управления и совершенствования этих систем [1].

Этот подход включает в себя построение математических моделей, анализ структуры и динамики процессов, применение графов, матриц и других инструментов для оценки эффективности и поиска рациональных решений. В химической технологии системный анализ используется для оптимизации параметров процессов, проектирования оборудования и повышения эффективности производства [2].

Метод системного анализа с помощью графов и матриц смежности – это методика, используемая для анализа и оптимизации конструкционных и функциональных характеристик сложных технических систем. Она основывается на представлении системы в виде графов. Взаимодействия между элементами системы моделируются через матрицу смежности, что позволяет эффективно выявлять и анализировать зависимости, взаимодействия в структуре аппарата [3].

Конструкционная схема и цифровая модель оборудования были разработаны с помощью программного обеспечения «Компас-

3D». Конструкционная схема была построена на основе анализа всех ключевых компонентов и их взаимосвязей. В ней с помощью графов отображены взаимосвязи между размерами основных элементов оборудования, а также их габаритными и присоединительными размерами. С целью математического описания указанных взаимосвязей была также сформирована матрица смежности (рис. 1).

Использование конструкционной схемы в качестве исходных данных для создания цифровой модели позволило существенно оптимизировать процесс параметризации аппарата, а также обеспечить необходимыми данными для итоговой проверки зависимостей и связей между размерами его сборочных единиц.

Разработанная цифровая модель аппарата с магнитной мешалкой (рис. 2) представляет собой параметризованную модель его конструкции, с помощью которой можно оптимизировать процесс проектирования, облегчить расчеты гидродинамических, массообменных и механических процессов, снизить затраты во время эксплуатации оборудования, на этапах введения, реконструкции и замены. Также параметризация исследуемого аппарата позволяет снизить затраты на модернизацию производства или его отдельных частей.

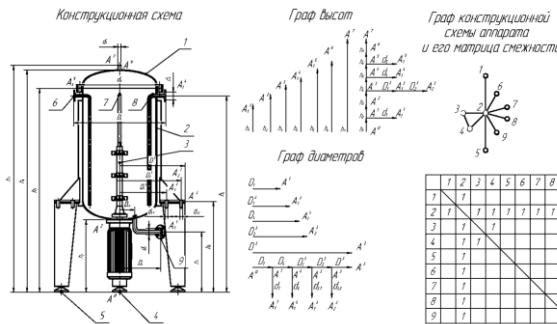


Рис. 1. Конструкционная схема аппарата с магнитной мешалкой

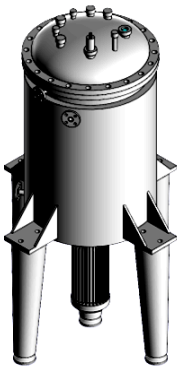


Рис. 2. Цифровая модель аппарата с магнитной мешалкой

Таким образом, результаты исследования конструкции аппарата с помощью методов системного анализа позволили оптимизировать процесс разработки параметризированной цифровой модели, что существенно снизило затраты на этапе проектирования и оптимизирует в будущем процесс модернизации оборудования. Цифровая модель повысила эффективность проведения проверочных расчетов и расширила возможности эксплуатирующего предприятия при строительстве, модернизации и выводе объекта из эксплуатации.

Список литературы

1. Кафаров В.В., Дорохов, И.Н. Системный анализ процессов химической технологии. Основы стратегии. Т. 1. – М.: Наука, 1976.
2. Кафаров В.В., Мешалкин, В.П. Анализ и синтез химико-технологических систем: учеб. для вузов. – М.: Химия, 1991. – 432 с.
3. Антонов А.В. Системный анализ: учеб. для вузов. – М.: Высш. шк., 2004. – 453 с.

Об авторах

Порохин Андрей Дмитриевич – магистрант кафедры оборудования и автоматизации химических производств, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: 1@germess1@mail.ru

Мошев Евгений Рудольфович – д-р техн. наук, зав. кафедрой оборудования и автоматизации химических производств, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: erm@pstu.ru

А.Н. Пузырева, С.Х. Загидуллин

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ СТЕНДА ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЫ ПРИ КРИОГЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Представлено описание стенда для проведения испытаний криогенной арматуры. Кратко рассмотрена конструкция испытательного стенда. Перечислены виды испытаний, необходимых для подтверждения соответствия продукции требованиям нормативных документов.

Ключевые слова: криогенные температуры, низкотемпературные испытания, оборудование, арматура, давление, тепловая изоляция, жидкий азот, безопасность, характеристики.

A.N. Puzyreva, S.Kh. Zagidullin

THE IMPORTANCE AND NECESSARY REQUIREMENTS FOR THE TEST BENCH FOR PIPE FITTINGS AT CRYOGENIC TEMPERATURES

The article presents a description of a stand for testing cryogenic valves. The structure of the test bench is briefly considered. The types of tests necessary to confirm product compliance with the requirements of regulatory documents are listed.

Keywords: cryogenic temperatures, low-temperature tests, equipment, fittings, pressure, thermal insulation, liquid nitrogen, safety, characteristics.

Криогенная арматура, включая быстросъемные соединения, разрывные муфты, заправочные устройства и трубопроводную арматуру, устанавливается на различных объектах, а именно на криогенных сепараторных установках, терминалах приема сжиженного природного газа (СПГ), рукавах для загрузки и разгрузки СПГ, объектах добычи газа на суше и на море (кратковременное охлаждение рабочей среды до криогенных температур), низкотемпературных резервуарах для хранения СПГ, теплообменниках хладагента и др.

Для вывода арматуры с производства в эксплуатацию необходимо проводить ряд испытаний: приемочные, прямо-сдаточные и периодические, целью которых является подтверждение качества

продукции и соответствие требованиям нормативных документов.

Во время испытаний имитируются нормальные условия эксплуатации изделия, и регистрируются качественно (например, наличие/отсутствие утечки (среды), образование остаточных деформаций) и количественно (например, рабочий ход запирающих элементов, величина испытательного давления, температура корпуса) характеристики изделия в соответствии с требованиями НТД, КД, ТУ. Изделие во время испытаний подвергается воздействию низких или криогенных температур и избыточного внутреннего давления.

В соответствии с ГОСТ 34294 [3] к низким температурам относят диапазон от -50 до -153 °С, к криогенным от -153 до -190 °С.

В качестве испытательной среды, как правило, используют жидкий азот по ГОСТ 9293 [1]. Он представляет собой прозрачную жидкость и является одним из четырех агрегатных состояний азота. Жидкий азот получается путем охлаждения стандартного газообразного азота N_2 до температуры -196 °С или $77,35$ К.

Проектируемый низкотемпературный стенд предназначен для проведения испытаний арматуры, эксплуатируемой в условиях низких и криогенных температур. В соответствии с ГОСТ 33257 [2] должен обеспечивать проведение следующих видов испытаний: герметичность затвора, функционирование, герметичность относительно внешней среды.

Разработка стенда является актуальной из-за нескольких причин:

- оценка прочности: низкие и криогенные температуры могут значительно влиять на механические свойства материалов, из которых изготовлена арматура. Проведение испытаний при таких температурах позволяет оценить, как материалы поведут себя в реальных эксплуатационных условиях, их прочность и долговечность;
- проверка функционирования: криогенные температуры являются экстремальными условиями, в которых арматура должна работать надежно. Испытания позволяют убедиться, что арматура будет эффективно функционировать в условиях эксплуатации и не выйдет из строя;
- обеспечение безопасности: арматура, применяемая в работе с криогенными веществами, должна соответствовать требованиям

стандарта безопасности. Проведение испытаний позволяет подтвердить соответствие арматуры этим требованиям;

По ГОСТ 34294 конструкция проектируемого стенда должна содержать следующие части: емкость для захлаживания с тепловой изоляцией, опорные кронштейны, баллон с испытательной средой, заглушки, змеевик, регулятор давления, манометр, термопары, охлаждающая среда, гибкие металлорукава.

Испытательный стенд должен соответствовать следующим требованиям:

- поддержание температуры с точностью ± 10 °С в изотермической емкости для испытаний при температурах (от +25 до –196 °С);
- плавное захлаживание изделий разных размеров и веса на испытательном стенде, чтобы избежать металлургических повреждений;
- наличие системы продувки испытываемых изделий испытательной средой для достижения нужной температуры охлаждения в соответствии со стандартами криогенных испытаний;
- удаление использованного холодного газообразного азота из помещения с целью обеспечения безопасности проведения испытаний и работы обслуживающего персонала;
- использование материала с низкой теплопроводностью, как правило, нержавеющей стали, чтобы предотвратить быстрое выкипание жидкого азота из емкости;
- обеспечение безопасной работы и герметичности рукавов, арматуры и фитингов высокого давления в испытательном контуре стенда при давлении до 4 МПа и температуре –196 °С.

Все испытания на криогенном стенде требуют специальных знаний и навыков обслуживающего персонала, поскольку работы с криогенным оборудованием и жидкими азотом могут быть опасными из-за экстремально низких температур и высокого давления. Специалисты, проводящие данные испытания на криогенном стенде, должны быть осведомлены о безопасности работы с криогенными жидкостями, обладать знаниями о физических и химических свойствах криогенов, уметь грамотно подготавливать и настраивать оборудование, управлять про-

цессом охлаждения/нагрева, анализировать полученные данные и принимать соответствующие решения.

Кроме того, специалисты, проводящие испытания на криогенном стенде, также должны иметь навыки работы с измерительными приборами, высокоточным оборудованием и программным обеспечением для контроля и мониторинга процесса испытаний. Все это требует специальной подготовки и опыта, что делает участие специалистов необходимым для безопасного и эффективного проведения испытаний на криогенном стенде.

Список литературы

1. ГОСТ 9293-74 «Азот газообразный и жидкий. Технические условия». Принят постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 25 июля 1974 г. № 1773: дата введ. 1976-07-25. – 20 с.

2. ГОСТ 33257-2015 «Арматура трубопроводная. Методы контроля и испытаний». Принят приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26 мая 2015 г. № 441-ст.: дата введ. 2016-04-01. – 57 с.

3. ГОСТ 34294-2017 «Арматура трубопроводная криогенная. Общие технические условия». Принят приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26.10.2018 № 855-ст.: дата введ. 2019-03-01. – 29 с.

Об авторах

Пузырева Анна Николаевна – магистрант кафедры оборудования и автоматизации химических производств, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: puzyreva-anna@mail.ru

Загидуллин Сафар Хабибуллович – д-р техн. наук, профессор кафедры оборудования и автоматизации химических производств, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: zsh@pstu.ru

Н.А. Рожков, Е.В. Шестаков

МОДЕРНИЗАЦИЯ АППАРАТОВ ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ. СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ И МЕТОДЫ

Рассматривается процесс модернизации аппарата воздушного охлаждения, эксплуатируемого на блоке теплой и холодной сепарации установки гидрокрекинга ООО «ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез». Рассмотренный в работе метод модернизации позволяет увеличить показатели теплоотдачи, что впоследствии сказывается на уменьшении затрат электроэнергии.

Ключевые слова: аппарат воздушного охлаждения, теплообмен, теплоотдача, турбулизатор, оребренная труба, спираль.

N.A. Rozhkov, E.V. Shestakov

MODERNIZATION OF AIR-COOLING UNITS. MODERN APPROACHES AND METHODS

This paper discusses the process of upgrading the air-cooling unit operated at the warm and cold separation unit of the hydrocracking plant of LUKOIL-Permnefteorgsintez LLC. The modernization method considered in the paper makes it possible to increase heat transfer rates, which subsequently affects the reduction of electricity costs.

Keywords: air-cooling unit, heat exchange, heat transfer, turbulator, finned tube, spiral.

В связи с растущими требованиями по выходу готовой продукции, наращиванием производственных мощностей на нефтеперерабатывающих предприятиях появляется острая необходимость в техническом перевооружении и модернизации уже эксплуатируемого оборудования.

Установленный на блоке теплой и холодной сепарации установки гидрокрекинга аппарат воздушного охлаждения ЕС-101 после увеличения количества проходящего через него сырья утратил свою эффективность, в должной мере не поддерживает технологический режим и в полной объеме не охлаждает продукт.

Повышение эффективности данного вида оборудования возможно несколькими способами, но наиболее распространенные из них – увеличение поверхности теплообмена и интенсификация самого процесса теплообмена. В данной статье будет рассмотрен последний способ.

Основным конструктивным элементом аппарата воздушного охлаждения являются оребренные трубки, которые характеризуются коэффициентом оребрения, показывающим отношение поверхности всех ребер к гладкой поверхности трубы. Но даже трубы с самым большим коэффициентом оребрения не отличаются достаточным коэффициентом теплоотдачи, обычно не превышающим 90 Вт/м^2 .

После выполненного технологического расчета аппарата ЕС-101 было выявлено, что коэффициент теплоотдачи, при условии установленных в аппарат 12 метровых труб с коэффициентом оребрения, равным 14,6, и с существующими на установке параметрами воздуха, в том числе скоростью движения потока равной $3,11 \text{ м/с}$, составляет лишь $64,6 \text{ Вт/м}^2$. Фрагмент данной трубы, смоделированный с помощью программного обеспечения, представлен на рис. 1.

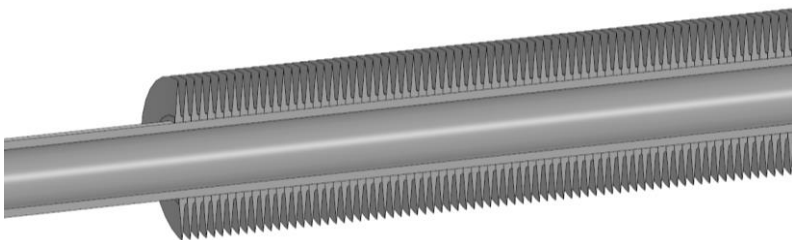


Рис. 1. Оребренная труба с коэффициентом оребрения 14,6

Прогрессивным решением для повышения коэффициента теплоотдачи является использование лепестковых охлаждающих элементов, выполненных в виде пространственной спирали Архимеда вместо традиционных гладких или оребренных труб. Применение такого исполнения позволяет сохранить рифление поверхности трубок, увеличивая площадь контакта теплоносителя с окружающей средой, а также создает турбулентный режим течения среды вдоль оси труб, повышая интенсивность теплообмена [1].

В рамках исследования был проведен перерасчет аппарата ЕС-101, в котором оребренные трубы были заменены трубами с лепестковым оребрением с углом наклона спирали 10° . Смоделированный фрагмент трубы представлен на рис. 2.

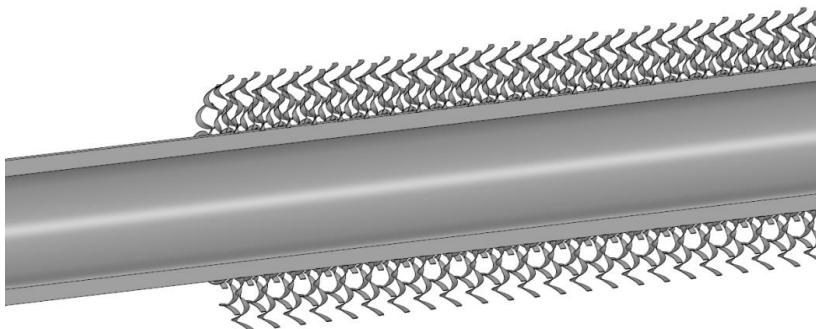


Рис. 2. Труба с лепестковым оребрением

За счет особой формы оребрения охлаждающий воздух закручивается по осям, радиальным по отношению к трубе, формируя зигзагообразный турбулентный поток. Такое движение благоприятно сказывается на процессе термовихревого теплообмена за счет снижения статического давления вдоль оси. Впоследствии температура охлаждающего воздуха вблизи трубы уменьшается, что приводит к увеличению разности температур между стенкой и воздухом.

После предварительного расчета по математической модели термовихревого теплообмена были получены значения параметров на несколько процентов больше, чем первоначальные, что является обоснованием для формирования выводов.

В результате проведенного исследования и перерасчета аппарата воздушного охлаждения ЕС-101 с использованием лепесткового оребрения были достигнуты положительные результаты. Увеличение скорости охлаждающего воздуха и рост коэффициента теплоотдачи подтверждают эффективность предложенного подхода. Эти улучшения позволяют увеличить эффективность охлаждения продукта и приблизить работу аппарата к требуемым технологиче-

ским параметрам. Таким образом, внедрение лепесткового оребрения в конструкцию аппарата воздушного охлаждения представляет собой перспективное решение для повышения эффективности работы оборудования на нефтеперерабатывающих предприятиях.

Список литературы

1. Бельских А.М., Арсланов А.А. Моделирование в аппаратах воздушного охлаждения термовихревого теплообмена // Проблемы недропользования. – 2023. – № 2. – С. 86–92.
2. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию / Г.С. Барисов, В.П. Брыков, Ю.И. Дытнерский [и др.]. – 3-е изд., стереотипное. – М: ООО ИД «Альянс», 2007. – 496 с.
3. Основы расчета и проектирования теплообменников воздушного охлаждения: справочник / А.Н. Бессонный, Г.А. Дрейцер, В.Б. Кунтыш [и др.]. – СПб.: Недра, 1996. – 512 с.

Об авторах

Рожков Никита Алексеевич – студент кафедры технологических машин и оборудования, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: nikitaroskov11@gmail.com

Шестаков Евгений Владимирович – старший преподаватель кафедры оборудования и автоматизации химических производств, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: EVShestakov@rambler.ru

И.В. Слабоденюк, Н.Н. Анашкин, А.В. Любимов

**РАЗРАБОТКА ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО БЛОКА
ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ НА ТВЕРДООКСИДНЫХ
ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ**

Описывается конструкция главного узла опытной энергетической установки на твердооксидных топливных элементах – высокотемпературного блока. Указаны назначение блока и исходные материалы для его штатной работы.

Ключевые слова: твердооксидные топливные элементы, энергетическая установка, высокотемпературный блок.

I.V. Slabodenuk, N.N. Anashkin, A.V. Lyubimov

**DEVELOPMENT OF HIGH-TEMPERATURE UNIT
OF SOLID-OXIDE FUEL CELL POWER PLANT**

The article describes the design of the main unit of an experimental power plant based on solid oxide fuel cells – a high-temperature unit. The purpose of the block and the source materials for its regular operation are indicated.

Keywords: solid-oxide fuel cells, power plant, high-temperature unit.

В настоящее время ведутся разработки по применению твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ) в различных энергосистемах большой и малой мощности [1, 2].

Общее назначение высокотемпературного блока (ВТБ) (рисунк) – генерация электроэнергии, которая проходит в несколько стадий. На первой стадии путем паровой каталитической конверсии метана получают синтез-газ в трубном пространстве риформера. На второй стадии полученная газовая смесь поступает в блок твердооксидных топливных элементов (на которых протекает процесс генерации электроэнергии). На третьей стадии происходит утилизация отработанных газов в высокотемпературной горелке.

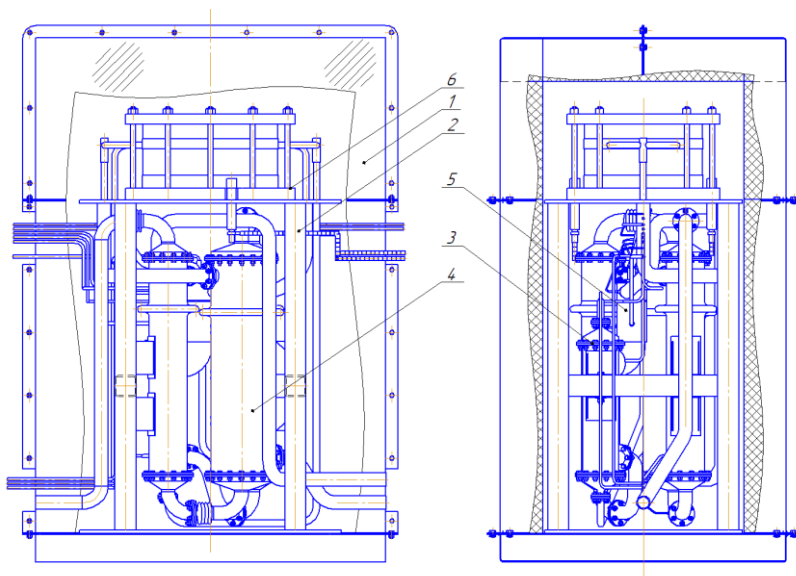


Рис. Общий вид ВТБ: 1 – кожух с теплоизоляцией; 2 – силовая рама; 3 – риформер; 4 – система утилизации тепловой энергии; 5 – высокотемпературная горелка; 6 – батарея ТОТЭ

ВТБ (размерами 1265×940×735 мм и весом 450 кг) представляет из себя теплоизолированный узел (изоляция – магнизиально-волокнистые плиты толщиной 100 мм). Требования к материалам и конструкции узла определили тепловое моделирование процессов, результаты которого были проверены численным моделированием, схожим с исследованием [3]. Предложенная конструкция обеспечивает требуемые параметры.

В ВТБ подается метан (температура 20 °С, расход 0,31 кг/ч) как основное сырье для получения синтез-газа, воздух (температура 20 °С, расход 15 кг/ч) как сырье для работы ТОТЭ, вода (температура 20 °С, расход 0,85 кг/ч) как сырье для проведения паровой конверсии синтез-газа.

В настоящее время ВТБ реализован как составляющая часть энергетической установки в рамках проекта «Разработка и изготовление опытной энергетической установки на ТОТЭ мощностью

2–5 кВт» конструкторами центра инжиниринговых разработок (ЦИР) на базе кафедры ОАХП ПНИПУ. Разработка проектной и рабочей документации осуществлялась конструкторами Н.Н. Анашкиным, И.В. Слабоденюком, А.В. Любимовым. Изготовление и сборка блока осуществлялись студентами кафедры ОАХП ПНИПУ под руководством вышеупомянутых сотрудников.

В декабре 2024 г. были проведены итоговые успешные испытания по работе энергетической установки, которые позволили получить на первой стадии конверсию метана в 96 %.

В настоящее время ведутся работы по проектированию установки как серийного изделия.

Список литературы

1. Гатина Р.З., Гафуров Н.М., Зайнуллин Р.Р. Перспективы развития малой энергетики с использованием топливных элементов // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2018. – Т. 10, № 1 (37). – С. 88–96.

2. Липилин А.С. ТОТЭ и энергосистемы на их основе: состояние и перспективы // Электрохимическая энергетика. – 2007. – Т. 7, № 2. – С. 61–72.

3. Докалина А.А. Применение твердооксидных топливных элементов в малой энергетике // International Scientific Review. – 2016. – № 2 (12). – С. 66–67.

Об авторах

Слабоденюк Илья Вадимович – аспирант кафедры оборудования и автоматизации химических производств, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: 12stinger12@mail.ru

Анашкин Николай Николаевич – старший преподаватель кафедры оборудования и автоматизации химических производств, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: tocross@yandex.ru

Любимов Александр Владимирович – ведущий инженер центра инженерных разработок «Низкоуглеродные энергетические установки», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: lyubimovaleks@yandex.ru

С.С. Федотов, С.И. Сташков

АДАПТАЦИЯ МОДЕЛЕЙ В СИСТЕМАХ УЛУЧШЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

Описано применение систем улучшенного управления на промышленных предприятиях. Показаны особенности применения модельных зависимостей, применяемых в системах улучшенного управления. Предложены алгоритмы актуализации (адаптации) таких моделей. Показано применение предложенных алгоритмов для задач поддержки систем улучшенного управления.

Ключевые слова: оптимизация технологических процессов, система улучшенного управления технологическим процессом, модели, адаптация.

S.S. Fedotov, S.I. Stashkov

MODEL ADAPTATION IN ADVANCED PROCESS CONTROL SYSTEMS

The article describes the application of improved management systems at industrial enterprises. The peculiarities of model dependencies used in the systems of improved management are shown. Algorithms of actualization (adaptation) of such models are proposed. The application of the proposed algorithms for tasks of support of improved control systems is shown.

Keywords: optimization of technological processes, advanced process control, models, adaptation.

В настоящее время широкое применение на промышленных предприятиях находят системы улучшенного управления (СУУТП). Основными объектами СУУТП являются многопараметрические контроллеры, осуществляющие управление на основе динамических моделей. Модели контроллеров СУУТП наиболее часто задаются в виде передаточных функций. Контроллер прогнозирует изменения контролируемых переменных и производит воздействия, предупреждая выход параметров за ограничения, за счет чего возможна эффективная обработка возмущений и оптимизация ведения технологического процесса. Основным преимуществом применения СУУТП является управление с помощью прогнозирующей модели, что

позволяет своевременно и эффективно реагировать на возмущающие воздействия и предупредить выход параметров за установленные пределы.

Актуальной проблемой при использовании СУУТП является «деградация» моделей контроллера. Этот эффект может быть вызван изменением состава сырья, технологической схемы установки, старением оборудования и проявлением других внешних факторов. Управление по моделям, утратившим актуальность и не соответствующим реальным взаимосвязям технологического процесса, может привести к возникновению автоколебаний в системе, существенному отклонению технологических параметров от целевых значений и снижению качества продукции.

В настоящее время при оценке работы СУУТП в режиме их эксплуатации чаще всего учитывают только количество включенных переменных и корректность выставленных ограничений. Такой подход не учитывает соответствие используемых моделей реальному состоянию технологического объекта управления. В связи с этим качеству моделей, лежащих в основе контроллера СУУТП, следует уделять особое внимание.

В настоящее время наиболее часто для реализации СУУТП применяются решения зарубежных производителей – Forge APC (ранее Profit Suite, Honeywell, США), PACE (Yokogawa Electric Corporation, Япония). Также активно развивается решения российского производителя T-complex (T-soft, Санкт-Петербург) [1]. На текущий момент у ведущих производителей СУУТП отсутствуют комплексные инструменты для анализа существующих моделей контроллера и выявления зависимостей параметров на исторических данных методом пассивного эксперимента, поэтому обслуживание таких систем затруднено.

Предлагается новый подход к анализу и корректировке динамических моделей, а также инструментарий для его реализации – программный код на языке Python. При этом на первом этапе осуществляется оценка качества существующих моделей контролируемых переменных. Для возможности визуального анализа строятся

графики изменения параметра во времени и значения параметра, полученного на основе прогноза контроллера: на одном действительные значения, на другом прогнозные значения смещены к действительным для лучшей наглядности. Рассчитывается значение коэффициента детерминации:

$$R^2 = 1 - \frac{\sigma_{\text{error}}^2}{\sigma_{\text{actual}}^2}, \tag{1}$$

где σ_{error}^2 – дисперсия ошибки прогнозирования; σ_{actual}^2 – дисперсия действительного значения параметра.

При $R^2 \geq 0,75$ делается вывод о пригодности модели для задач управления. В случае $R^2 < 0,75$ модели считаются некорректными и отправляются на доработку [2].

Пример отчета о таком анализе представлен на рис. 1.

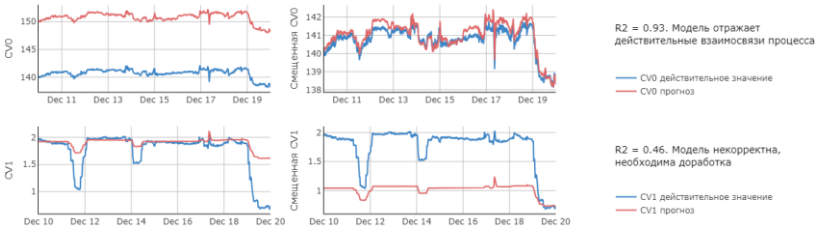


Рис. 1. Анализ качества моделей контроллера

На втором этапе для каждой переменной модели производится поиск влияющих технологических параметров, рассчитывается корреляция ошибки прогноза с технологическими параметрами. Пример такого отчета представлен на рис. 2.

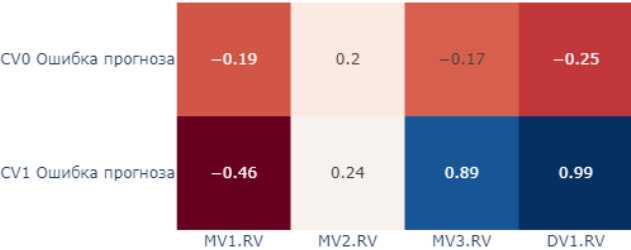


Рис. 2. Анализ корреляции ошибки прогнозирования

В случае если технологический параметр коррелирует с ошибкой прогнозирования, исследуемая модель должна быть или скорректирована, или добавлена в контроллер, если до этого она отсутствовала.

На завершающем этапе для моделей, требующих корректировки, производится подбор параметров модели симплекс-методом с целью минимизации квадрата ошибки прогнозирования [3]. Пример отчета по результатам подбора параметров представлен на рис. 3.



Рис. 3. Результат подбора параметров модели

Предлагаемый подход и инструментарий позволяют производить оценку качества моделей контроллеров СУУТП по прямым показателям качества, сократить трудозатраты и увеличить точность идентификации моделей, тем самым повысить эффективность эксплуатации СУУТП за счет оценки качества моделей.

Список литературы

1. Веревкин А.П., Муртазин Т.М., Насибуллин Ф.Г. Модернизация систем управления и обеспечения безопасности как инструмент повышения эффективности процессов переработки нефти и газа [Электронный ресурс] // Территория Нефтегаз. – 2019. – № 10. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modernizatsiya-sistem-upravleniya-i-obespecheniya-bezopasnosti-kak-instrument-povysheniya-effektivnosti-protseessov-pererabotki> (дата обращения: 20.02.2025).
2. King M. Process control: a practical approach. – Chichester, United Kingdom: John Wiley & Sons Ltd., 2011. – 400 p.
3. Работников М.А., Шумихин А.Г. Применение адаптируемых моделей в системах упреждающего управления процессами органического синтеза [Электронный ресурс] // Вестник ПНИПУ. Электротехника, информационные технологии, системы управле-

ния. – 2023. – № 46. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/prime-nenie-adaptiruemyh-modeley-v-sistemah-uprezhdayuschego-upravleniya-protsessami-organicheskogo-sinteza> (дата обращения: 26.02.2025).

Об авторах

Федотов Степан Сергеевич – эксперт отдела системы улучшенного управления технологическим процессом, АО «Сибур-Химпром», e-mail: fedotovss@shp.sibur.ru

Сташков Сергей Игоревич – канд. техн. наук, доцент кафедры оборудования и автоматизации химических производств, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: sergey.stashkov@pstu.ru

А.П. Финагин, С.С. Власов, И.А. Вялых

АНАЛИЗ СИСТЕМЫ ТИПА KMS КАК СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Рассмотрена система управления знаниями. Обозначены проблемы управления, представления и формализации знаний. Описаны структура системы управления знаниями как системы управления и подход представления знаний с использованием фрейм-подхода.

Ключевые слова: знания, система управления, данные, фрейм.

A.P. Finagin, S.S. Vlasov, I.A. Vyalyh

ANALYSIS OF A KMS-TYPE SYSTEM AS A MANAGEMENT SYSTEM

This article contains information about the knowledge management system. The problems of knowledge management, representation and formalization are marked. The structure of knowledge management system as a management system and the approach to knowledge representation using the framework approach are described.

Keywords: knowledge, management system, data, framework.

С каждым годом важность управления знаниями возрастает, что связано с объективными потребностями развития наукоемкого производства, цифровизации общества и усилением роли человеческого капитала [1]. Интеллектуальный капитал становится ключевым фактором для создания устойчивых конкурентных преимуществ организаций, увеличения их потенциальной ценности и удовлетворения динамично меняющихся потребительских запросов.

В связи с вышесказанным встает вопрос о том, каким образом эффективно и рационально управлять знаниями. Для решения этой задачи принято решение о проектировании, разработке и внедрении системы управления знаниями (KMS; от англ. Knowledge Management System).

Основные компоненты KMS: создание, хранение, распространение, использование и сохранение знаний.

Основными целями KMS являются повышение эффективно-

сти работы и производительности организации, ускорение инновационных процессов и улучшение качества принимаемых решений, сохранение и передача корпоративных знаний.

Данные цели, а точнее результат их выполнения, возможно рассмотреть в виде выходных данных некоторой системы управления (СУ), а значит, и структуру KMS возможно рассмотреть как одну из структур полноценных СУ, описываемых в трудах В.Я. Ротача.

Для рассмотрения были взяты следующие структуры СУ: простейшая СУ (разомкнутая); СУ с обратной связью (замкнутая); двухуровневая СУ с декомпозицией; СУ с компенсацией возмущений [2].

После анализа данных структуры и их совместимости с особенностями KMS, принято решение о выборе в пользу двухуровневой СУ с декомпозицией (рисунок).

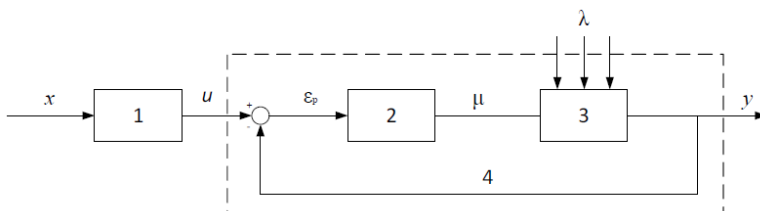


Рис. Структурная схема двухуровневой системы управления с декомпозицией

Командный блок 1 в виде руководства организации в соответствии с входными данными x выдает командное воздействие u на вход подсистемы регулирования (на схеме она очерчена штриховой линией), где на основании отклонения ϵ блок-регулятор 2 в лице аналитиков, разработчиков и локального менеджмента формирует управляющее воздействие на объект управления 3, который подразумевает под собой программный продукт KMS. Отклонение ϵ является результатом работы сумматора, куда поступает командное воздействие и линия обратной связи 4. Также на объект управления оказывают влияние внешние возмущения λ , а выходом этого объекта и системы в целом являются выходные данные y .

Функционал внутри системы следующий:

- командный блок – организация и координация KMS;
- блок регулятор – анализ и оценка, корректировка, исполнение и контроль работы KMS;
- объект управления – функционирование системы;
- обратная связь – сбор отзывов;
- входные данные – целеполагание, планирование;
- возмущения – изменения в технологиях или рынке, актуальность знаний и информации;
- выходные данные – результат работы системы, а именно фактическое полное (или частичное) достижение поставленных целей и задач.

Помимо того, что знаниями необходимо эффективно и рационально управлять, также необходимо максимально четко представлять эти знания, то есть решить задачу по формализации этих знаний.

Проблема представления знаний является ключевым аспектом при использовании информации. Знания необходимо представить так, чтобы они не могли создать противоречий между друг другом, чтобы не имели двойного смысла. Для формализации и представления знаний рассмотрен подход в трудах М. Минского, основанный на структурах запомненных данных, называемых фреймами [3].

Особенности фреймового представления знаний следующие:

- в качестве единицы представления знаний используется фрейм;
- иерархичность структуры единиц представления знаний;
- различие степени абстракции единиц знаний;
- возможность комбинации декларативных и процедурных знаний.

Под фреймом понимается однажды определенная единица представления знаний, которую можно изменять лишь в деталях согласно текущей ситуации. В основе данной модели представления знаний лежит свойство концептуальных объектов иметь аналогии, которые позволяют строить иерархические структуры отношений типа «абстрактное – конкретное».

В ходе данной работы была проведена комплексная оценка

значимости управления знаниями в современных условиях наукоемкого производства и цифровизации общества. Также была проанализирована структура KMS, что привело к выбору двухуровневой системы управления с декомпозицией как наиболее подходящей для эффективного управления знаниями. Кроме того, внимание было уделено проблеме формализации знаний, для чего был рассмотрен подход, основанный на фреймах, что позволяет четко представлять знания и избегать противоречий. В результате выполненной работы была разработана концепция, которая может служить основой для дальнейшего внедрения и оптимизации систем управления знаниями в организациях, способствуя повышению их эффективности и конкурентоспособности.

Список литературы

1. Мильнер Б.З. Управление знаниями. – М.: ИНФРА-М, 2003. – 178 с.
2. Ротач В.Я. Теория автоматического управления: учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МЭИ, 2004. – 400 с.
3. Минский М. Фреймы для представления знаний / Пер. с англ. – М.: Энергия, 1979. – 152 с.

Об авторах

Финагин Антон Павлович – магистрант кафедры оборудования и автоматизации химических производств, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, специалист отдела улучшенного управления и оптимизации технологических процессов, ООО «Промышленная кибернетика», e-mail: anton.finagin@inducyber.com

Власов Станислав Сергеевич – генеральный директор, ООО «Промышленная кибернетика», e-mail: stanislav.vlasov@inducyber.com

Вялых Илья Анатольевич – канд. техн. наук, доцент кафедры оборудования и автоматизации химических производств, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: ilya.vyalyh@pstu.ru

Н.А. Чижов, Б.Г. Стафейчук

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ КЛЮЧЕВЫХ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА МЕТИЛ-ТРЕТ-БУТИЛОВОГО ЭФИРА
АЛГОРИТМА ВИРТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА КАЧЕСТВА**

Приведены результаты анализа параметров процесса производства метил-трет-бутилового эфира, необходимые для построения виртуального анализатора качества. Рассмотрен подход к сбору и предварительной обработке технологической информации. Приведены рекомендации для выбора регрессоров.

Ключевые слова: корреляционный анализ, модель качества, виртуальный анализатор.

N.A. Chizhov, B.G. Stafeichuk

**DETERMINATION OF KEY PARAMETERS OF THE TECHNOLOGICAL
PROCESS FOR METHYL TERT-BUTYL ETHER PRODUCTION
FOR THE VIRTUAL QUALITY ANALYSIS ALGORITHM**

The article presents the results of analyzing the parameters of the Methyl Tert-Butyl Ether production process necessary for constructing a virtual quality analyzer. An approach to collecting and preprocessing technological information is considered. Recommendations for selecting regressors are provided.

Keywords: correlation analysis, quality model, virtual analyzer.

Качество продукции является важнейшим параметром оценки эффективности технологических процессов (ТП). Однако показатели качества трудно получить в режиме реального времени. Обычно качество выходного продукта оценивается лабораторным путем, так как поточные анализаторы качества имеют высокую стоимость, либо как технические устройства на отечественном рынке приборных средств отсутствуют. Лабораторный анализ – достаточно сложная, дорогостоящая и долговременная процедура. Помимо этого, при лабораторном анализе существует риск субъективной ошибки, вызванной человеческим фактором, это может приводить к неточностям в результатах анализов. Альтернативой

лабораторному контролю является применение виртуальных анализаторов качества (ВА). ВА представляет собой программно-аналитический комплекс, позволяющий по текущим данным ТП получать необходимые сведения о качестве конечного продукта дешевле и надежнее. Принцип действия ВА основан на непрерывном определении показателя качества по математической модели, описывающей его взаимосвязь с текущими значениями измеряемых технологических переменных [1, 2].

Современные системы управления, включающие в себя SCADA-системы, программируемые логические контроллеры, разнообразные датчики и исполнительные механизмы, предоставляют достаточно полную информацию о технологическом процессе, необходимую для повышения качества продукции.

Исходными данными для построения математических моделей качества являются значения показаний, периодически считываемых с установленных на объекте датчиков, а также результаты анализов показателей качества продукции, выполняемых лабораторными методами [3].

Метил-трет-бутиловый эфир (МТБЭ) – кислородсодержащий октаноповышающий компонент, применяется для улучшения свойств автомобильных бензинов. Основная реакция синтеза МТБЭ из изобутилена и метанола осуществляется на первой ступени в реакционном блоке. На второй ступени происходит разделение продуктов реакции в ректификационных колоннах. Третий блок отвечает за рециркуляцию отработанных веществ и их подготовку к повторному использованию в производственном цикле.

Выходным продуктом не является чистый МТБЭ, так как имеются определенные примеси. Концентрация примесей после второй ступени (стадия разделения) должна быть ниже 2 %.

При анализе ТП МТБЭ была выделена 21 технологическая переменная, которые способны оказать влияние на качество получаемой продукции. К ним относятся значения температуры, давления, уровня и расходы аппаратов технологической схемы. Затем был организован сбор данных с установленных датчиков. Опрос датчиков осуществляется с периодом один раз в секунду, обеспечивая регулярное получение актуальных показаний.

Для обработки данных были написаны алгоритмы на языке Python:

- сортировка и сопоставление данных по времени;
 - вычисление ключевых расчетных параметров как потенциальных предикторов в математическую модель (ММ), в частности, были определены соотношения питания реакторов, перепады температуры на реакторах и сумма расхода питания ректификационной колонны;
 - обработка данных методом скользящего среднего с временным окном в 60 мин. Этот метод фильтрации позволяет сгладить краткосрочные колебания и выделить основные тенденции в данных, повышая точность и надежность измерений;
 - центрирование;
 - вычисление автокорреляционной функции;
 - сопоставление данных с лабораторным анализом;
 - вычисление взаимнокорреляционной функции;
 - смещение данных относительно лабораторного анализа для нахождения лучшей корреляции;
 - корреляция смещенных данных с определением лучших результатов;
 - вычисление регрессионного уравнения.
- Результаты анализа отображены на рисунке.



Рис. Тепловая карта корреляции

Таким образом, рекомендуются следующие технологические параметры для построения виртуального анализатора: T-4158.PV_shift_119: температура теплоносителя в ребойлере с задержкой в 119 мин; P-4226.PV_shift_119: давление теплоносителя в ребой-

лере с задержкой в 119 мин; FD-4313.PV_shift_1: флегмовое число с задержкой в 1 мин; L-4419.PV_shift_119: уровень куба в ректификационной колонне с задержкой в 119 мин; PD-4206_PV_shift_140: перепад давления в реакторе № 1 с задержкой в 140 мин; T-4114.PV_shift_0: температура на выходе из реактора № 2.

Предлагается следующее регрессионное уравнение на основании выполненных вычислений (ММ): $MTBE = 148,3838 - 0,3287 \cdot T-4158.PV_shift_119 + 1,0507 \cdot P-4226.PV_shift_119 - 0,1988 \cdot FD-4313.PV_shift_1 - 0,0081 \cdot L-4419.PV_shift_119 - 0,3761 \cdot PD-4206_PV_shift_140 + 0,0098 \cdot T-4114.PV_shift_0$.

Список литературы

1. Проблемы построения моделей виртуальных анализаторов слабо формализованных технологических объектов / А.Ю. Торгашов, Г.Б. Диго, Н.Б. Диго, И.С. Можаровский // Идентификация систем и задачи управления: тр. X Междунар. конф. SICPRO '15. – М., 2015. – С. 438–445.

2. Черешко А.А. Методы управления технологическими процессами на основе ассоциативных прогнозирующих моделей: дис. ... канд. техн. наук. – М., 2022.

3. Рылов М.А., Софиев А.Э. Модель качества стабильного катализата на установке каталитического риформинга бензина // Известия МГТУ «МАМИ». – 2013. – Т. 4, № 1 (15). – С. 160–164.

Об авторах

Чижов Никита Андреевич – магистрант кафедры оборудования и автоматизации химических производств, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: nik.chizhov.2001@mail.ru

Стафейчук Борис Григорьевич – канд. техн. наук, доцент кафедры оборудования и автоматизации химических производств, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: bgstaf@mail.ru

УДК 66.57

С.Н. Чуголаева, С.Х. Загидуллин

МОДЕРНИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ БИОЛОГИЧЕСКОГО РЕАКТОРА В ПРОИЗВОДСТВЕ КОРМОВЫХ ДОБАВОК ДЛЯ ЖИВОТНЫХ

Представлено краткое описание существующей конструкции биологического реактора, используемого в производстве кормовых добавок для животных. Он представляет собой аппарат емкостного типа периодического действия, снабженный теплообменной «рубашкой», с перемешивающим устройством в виде трехъярусной пропеллерной мешалки. Проведен краткий анализ его работы с выявлением некоторых конструкционных и технологических недостатков.

Ключевые слова: реактор, биодобавки, теплообмен, производительность, биотехнология.

S.N. Chugolaeva, S.H. Zagidullin

MODERNIZATION STRUCTURES BIOLOGICAL REACTORS IN PRODUCTION FEED ADDITIVES FOR ANIMALS

Presents a brief description of the existing design of a biological reactor used in the production of animal feed additives. It is a periodic-action apparatus with a mixing device in the form of a three-tier propeller mixer, and equipped with a heat-exchange "jacket". A brief analysis of its operation is carried out, revealing some design and technological shortcomings.

Keywords: reactor, bioadditives, heat exchange, productivity, biotechnology.

Процессы перемешивания в жидких средах находят широкое применение в различных отраслях промышленности для получения суспензий, эмульсий, растворов, а также для интенсификации тепловых, массообменных и химических процессов [1].

Биологический реактор используется в промышленности для выращивания культур, а также для приготовления питательных сред в микробиологическом производстве. В процессе медленного перемешивания в аппарате происходит рост живых бактерий, которые разрастаются как дрожжи [2].

Имеющаяся конструкция аппарата представляет собой цилиндрическую обечайку с эллиптическим днищем и крышкой [3].

Для теплообмена используется стандартная цилиндрическая

«рубашка». Как показали гидравлические расчеты, режим течения теплоносителя в такой «рубашке» ламинарный ($Re = 22,6$), а в самом реакторе – турбулентный ($Re_m = 1,348 \cdot 10^3$). Перемешивающее устройство состоит из трех ярусов быстроходных пропеллерных крыльчаток. Все эти факторы не позволяют эффективно выращивать бактерии в реакционной смеси и значительно уменьшают производительность реактора.

Настоящая работа посвящена модернизации конструкции существующего биореактора (рис. 1) путем оснащения его более эффективной теплообменной «рубашкой», выполненной в виде змеевика из полутруб (рис. 2), приваренных к наружной поверхности корпуса биореактора, который обеспечивает большую турбулентность движения теплоносителя в «рубашке» и, тем самым, более интенсивный теплообмен при нагреве и охлаждении биореактора. За счет этого сокращается длительность этих операций в 2–3 раза. А также предлагается замена пропеллерных лопастей мешалки на листовую с отверстиями (рис. 3) [3].

В результате этого создаются благоприятные условия быстрому росту бактерий в заданных температурных условиях, что обеспечивает увеличение производительности и сокращение времени изготовления продукции.

Бактерии, которые выращивают в биологическом реакторе, должны подвергаться бережному перемешиванию с водой. Процесс должен происходить при малых оборотах мешалки. Для этого предлагается использовать лопастную мешалку листового типа (см. рис. 3).

Достоинства лопастных мешалок заключаются также в простоте конструкции и невысокой стоимости изготовления. Листовые мешалки обеспечивают в основном тангенциальное течение перемешиваемой среды. На выходе из отверстий в лопастях образуются струи, способствующие лучшему смешиванию [4].

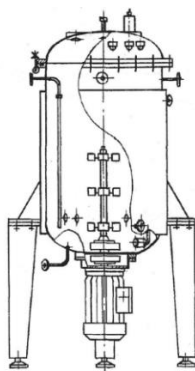


Рис. 1.
Существующий
биореактор

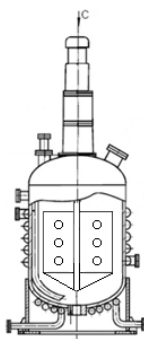


Рис. 2.
Модернизированный
биореактор



Рис. 3. Схема
листовой
мешалки

Таким образом, в ходе исследования были предложены технические решения поставленной задачи, а именно путем изменения конструкции теплообменной «рубашки» биореактора и формы лопастей перемешивающего устройства.

Список литературы

1. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии: учебник для вузов. – М.: Альянс, 2021. – 752 с.
2. Бабайлова Г.П., Симбирских Е.С., Овсянников Ю.С. Технология производства продукции животноводства с основами биотехнологии: учеб. пособие для вузов. – СПб.: Лань, 2022. – 240 с.
3. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: учеб. пособие для вузов. – 11-е изд., стереотипное. – М.: ООО «РусМедиа-Консалт», 2004. – 576 с.
4. Тимонин А.С. Основы конструирования и расчета химико-технологического и природоохранного оборудования: справочник. Т.1. – Калуга: Изд-во Н. Бочкаревой, 2002. – 852 с.

Об авторах

Чуголаева Софья Николаевна – студентка кафедры оборудования и автоматизации химических производств, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: chugolaeva@gmail.com

Загидуллин Сафар Хабибуллович – д-р техн. наук, профессор кафедры оборудования и автоматизации химических производств, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: zsh@pstu.ru

Д.А. Юрков, Д.А. Мустафина, С.В. Носов

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИТУАЦИЙ НА ОСНОВЕ МАТРИЦ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Предложен подход к анализу сложных производственных систем с использованием матриц технологических процессов и их детерминант. Метод позволяет выявлять ключевые взаимосвязи, распознавать технологические ситуации и оптимизировать процессы. Разработан алгоритм классификации технологических данных на основе линейной регрессии и интерполяционных полиномов, что повышает точность анализа и управления производственными системами.

Ключевые слова: прогноз качества, регрессия, идентификация технологических ситуаций, матрицы технологического процесса.

D.A. Yurkov, D.A. Mustafina, S.V. Nosov

IDENTIFICATION OF TECHNOLOGICAL SITUATIONS BASED ON TECHNOLOGICAL PROCESS MATRICES

The article proposes an approach to analyzing complex production systems using technological process matrices and their determinants. The method enables identifying key relationships, recognizing technological situations, and optimizing processes. An algorithm for classifying technological data based on linear regression and interpolation polynomials has been developed, enhancing the accuracy of analysis and management of production systems.

Keywords: quality forecast, regression, identification of technological situations, matrices of technological processes.

Современные производственные системы становятся все более сложными и многогранными, что требует новых подходов к их анализу и управлению. Эффективное управление технологическими процессами требует глубокого понимания их структуры и динамики. Идентификация технологических ситуаций играет ключевую роль в обеспечении эффективного функционирования процессов. Применение матриц технологического процесса в качестве инструмента для систематизации и анализа технологических ситуаций позволяет выявлять критические моменты в производственном цикле и разрабатывать стратегии для их распознавания и устранения.

Применение линейной алгебры для анализа технологических

процессов остается мощным инструментом, позволяющий глубже понять структуру и динамику производственных систем. Определители матриц как математический инструмент помогают выявить ключевые характеристики и взаимосвязи между различными элементами или этапами (периодами) процесса, что, в свою очередь, способствует более точной идентификации технологических ситуаций.

В конечном итоге в линейной алгебре практически все рассчитывается через определители. Используя отношение определителей матриц, можно получить значения параметров уравнения линейной регрессии выбранной матрицы технологического процесса или оценки соответствия технологического параметра для последующего анализа их принадлежности к технологической ситуации.

$$\begin{aligned}
 & \det \begin{pmatrix} 1 & x_{1_{t1}} & x_{2_{t1}} & x_{3_{t1}} & x_{4_{t1}} & y_{t1} \\ 1 & x_{1_{t2}} & x_{2_{t2}} & x_{3_{t2}} & x_{4_{t2}} & y_{t2} \\ 1 & x_{1_{t3}} & x_{2_{t3}} & x_{3_{t3}} & x_{4_{t3}} & y_{t3} \\ 1 & x_{1_{t4}} & x_{2_{t4}} & x_{3_{t4}} & x_{4_{t4}} & y_{t4} \\ 1 & x_{1_t} & 0 & x_{3_t} & x_{4_t} & y_t \\ 1 & x_{1_{t6}} & x_{2_{t6}} & x_{3_{t6}} & x_{4_{t6}} & y_{t6} \end{pmatrix} \\
 & \frac{\det \begin{pmatrix} 1 & x_{1_{t1}} & x_{2_{t1}} & x_{3_{t1}} & x_{4_{t1}} & y_{t1} \\ 1 & x_{1_{t2}} & x_{2_{t2}} & x_{3_{t2}} & x_{4_{t2}} & y_{t2} \\ 1 & x_{1_{t3}} & x_{2_{t3}} & x_{3_{t3}} & x_{4_{t3}} & y_{t3} \\ 1 & x_{1_{t4}} & x_{2_{t4}} & x_{3_{t4}} & x_{4_{t4}} & y_{t4} \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & x_{1_{t6}} & x_{2_{t6}} & x_{3_{t6}} & x_{4_{t6}} & y_{t6} \end{pmatrix}}{\det \begin{pmatrix} 1 & x_{1_{t1}} & x_{2_{t1}} & x_{3_{t1}} & x_{4_{t1}} & y_{t1} \\ 1 & x_{1_{t2}} & x_{2_{t2}} & x_{3_{t2}} & x_{4_{t2}} & y_{t2} \\ 1 & x_{1_{t3}} & x_{2_{t3}} & x_{3_{t3}} & x_{4_{t3}} & y_{t3} \\ 1 & x_{1_{t4}} & x_{2_{t4}} & x_{3_{t4}} & x_{4_{t4}} & y_{t4} \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & x_{1_{t6}} & x_{2_{t6}} & x_{3_{t6}} & x_{4_{t6}} & y_{t6} \end{pmatrix}} = x_{2_t} \\
 & \frac{\det \begin{pmatrix} 1 & x_{1_{t1}} & x_{2_{t1}} & x_{3_{t1}} & x_{4_{t1}} & y_{t1} \\ 1 & x_{1_{t2}} & x_{2_{t2}} & x_{3_{t2}} & x_{4_{t2}} & y_{t2} \\ 1 & x_{1_{t3}} & x_{2_{t3}} & x_{3_{t3}} & x_{4_{t3}} & y_{t3} \\ 1 & x_{1_{t4}} & x_{2_{t4}} & x_{3_{t4}} & x_{4_{t4}} & y_{t4} \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & x_{1_{t6}} & x_{2_{t6}} & x_{3_{t6}} & x_{4_{t6}} & y_{t6} \end{pmatrix}}{\det \begin{pmatrix} 1 & x_{1_{t1}} & x_{2_{t1}} & x_{3_{t1}} & x_{4_{t1}} & y_{t1} \\ 1 & x_{1_{t2}} & x_{2_{t2}} & x_{3_{t2}} & x_{4_{t2}} & y_{t2} \\ 1 & x_{1_{t3}} & x_{2_{t3}} & x_{3_{t3}} & x_{4_{t3}} & y_{t3} \\ 1 & x_{1_{t4}} & x_{2_{t4}} & x_{3_{t4}} & x_{4_{t4}} & y_{t4} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 1 & x_{1_{t6}} & x_{2_{t6}} & x_{3_{t6}} & x_{4_{t6}} & y_{t6} \end{pmatrix}} = a_2,
 \end{aligned}$$

где x_1, x_2, x_3, x_4 – параметры технологического процесса; y – показатель качества технологической продукции или параметр технологического режима, для которого создается цифровой аналог; $t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6$ – точки технологического режима. Размерность, соответствующая вычислению определителя, квадратная.

Корректность данных утверждений можно определить, производя замену показателей качества на их линейные регрессионные зависимости и вычислив отношение определителей:

$$y_{ti} = a_0 + a_1 \cdot x_{1_{ti}} + a_2 \cdot x_{2_{ti}} + a_3 \cdot x_{3_{ti}} + a_4 \cdot x_{4_{ti}}.$$

Аналогичным образом получаем коэффициенты интерполяционного полинома для всех членов уравнения регрессии.

Из технологических данных набирается подбором/перебором подвыборка-матрица из количества строк/столбцов, соответствующих количеству анализируемых параметров и возможности расчета определителя, таким образом, чтобы определитель матрицы был не велик (обеспечивая близкую линейность строк), но больше нуля (исключая вырожденность матрицы). Далее, подменяя строку в этой матрице на строки из оставшейся выборки и рассчитывая коэффициенты, выбираем точки режима, близкие по линейности к данной подвыборке.

Таким образом, набираем кластер точек режима, близких по характеру линейной взаимосвязи параметров/показателей.

Аналогично производится поиск и других технологических ситуаций до исчерпания целевого количества классов или отсутствием линейно зависимых технологических точек. Малые кластеры считаем переходными или ненормальными режимами (рисунок).

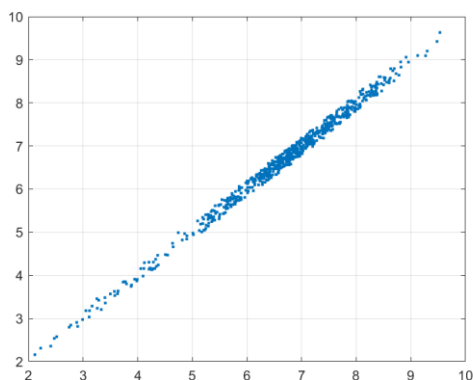
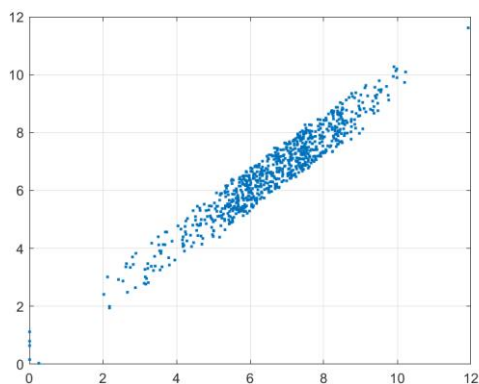


Рис. Примеры получаемых кластеров технологических ситуаций
в осях «реальные данные – предсказанные значения»

Список литературы

1. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. – М.: Наука, 1970. – 720 с.
2. Ахназарова С.Л., Кафаров В.В. Методы оптимизации эксперимента в химической технологии: учеб. пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1985. – 327 с.

3. Аналитический обзор научных работ по проблемам математического моделирования, идентификации и управления технологическими процессами в производстве формалина / А.Г. Шумихин, С.Н. Кондрашов, Д.А. Мельков, М.П. Зорин // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Химическая технология и биотехнология. – 2017. – № 1. – С. 7–36.

4. Шумихин А.Г., Александрова А.С., Мустафин А.И. Параметрическая идентификация технологического объекта в режиме его эксплуатации с применением технологии нейронных сетей // Вестник пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2018. – № 26. – С. 29–41.

Об авторах

Юрков Дмитрий Андреевич – специалист по машинному обучению, ООО «Промышленная кибернетика», аспирант кафедры оборудования и автоматизации химических производств, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: mactepbeka@gmail.com

Мустафина Дарья Александровна – канд. ф.-м. наук, старший эксперт, ООО «Промышленная кибернетика», e-mail: dmustafina@yandex.ru

Носов Степан Владимирович – специалист отдела усовершенствованного управления и оптимизации технологических процессов, ООО «Промышленная кибернетика», бакалавр кафедры оборудования и автоматизации химических производств, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: steve.nosov12@yandex.ru

Научное издание

ХИМИЯ. ЭКОЛОГИЯ. УРБАНИСТИКА

*Материалы
международной научно-практической конференции*

г. Пермь, 26–28 марта 2025 г.

В четырех томах

Том 3

Подписано в печать 21.05.2025. Формат 60×90/16.

Усл. печ. л. 18,62. Тираж 00 экз. Заказ 080

Издательство

Пермского национального исследовательского
политехнического университета.

Адрес: 614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, к. 113.

Тел. (342) 219-80-33

Отпечатано в типографии Издательства Пермского национального
исследовательского политехнического университета.

Адрес: 614990, г. Пермь, Комсомольский проспект, 29, к. 113.

Тел. (342) 219-80-33