

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ»

ДНИ СТУДЕНЧЕСКОЙ НАУКИ

Сборник материалов 49-й научной конференции
обучающихся СамГУПС

Выпуск 23

Т. 1.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Часть 2

Самара
2022

С 23 **Дни студенческой науки** [Текст]: сб. материалов 49-й научной конференции обучающихся СамГУПС в двух томах / Самарский гос. ун-т путей сообщ. – Выпуск 23. – Т.1. Технические науки. – Часть 2. – Самара : СамГУПС, 2022. – 166 с.

Тематика сборника отражает все виды деятельности железнодорожной отрасли, включая вопросы организации и управления процессами перевозок, совершенствования подвижного состава железных дорог и муниципального пассажирского транспорта, железнодорожного пути, строительства и транспортной техники, автоматизации, информатизации, телекоммуникации и энергосбережения, экологии и охраны труда, экономики, логистики и финансов, а также проблемы гуманитарных и естественных наук.

Члены редакционной коллегии, жюри секций 49-й научной конференции обучающихся СамГУПС:

д. т. н., профессор Е. М. Тарасов
д. т. н., доцент О. В. Москвичев
к. т. н., доцент А. Б. Фокеев
к. т. н., доцент А. В. Варламов
к. т. н., доцент А. В. Авсиевич
к. т. н., доцент В. В. Атапин
к. с. -х. н., доцент Ю. А. Холопов
к. т. н., доцент А. С. Баранов
к. т. н., доцент С. В. Коркина
к. т. н., доцент А. Ю. Балакин
к. т. н., доцент А. А. Свечников
к. т. н., доцент П. В. Шепелин
к. т. н., доцент Е. В. Добрынин
к. т. н., доцент Н. С. Шорохов

СЕКЦИЯ 3

Железнодорожный путь и строительство

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЩЕБНЕОЧИСТИТЕЛЬНЫХ МАШИН

А. А. Винникова¹, С. А. Галанский²

Введение. За прошедшее время под шпалами сильно увеличился слой загрязненного балласта. С каждым годом суммарный объем засорителей возрастает. При частом динамическом влиянии поездов на путь, атмосферном воздействии, а также от попадания в щебень различного мусора и частиц транспортирующих сыпучих грузов балласт загрязняется и утрачивает свои первоначальные свойства.

В настоящее время имеется потребность в повышении производительности щебнеочистительных машин в несколько раз. Чтобы увеличить производительности щебнеочистительных машин в данной работе предлагается применить комплекс конструктивных решений и организационных мероприятий.

В данной статье рассмотрим некоторые проблемы, а именно:

- синхронизация производительности добывающего и классифицирующих модулей;
- обрыв ленты по стыку;
- повышенная влажность вырезаемого щебня;
- снижение длительности «окна».

Основным элементом ленточных конвейеров является резинотканевая лента, состоящая из тягового каркаса и резиновых обкладок. Промышленностью выпускаются ленты длиной не более 300...500 м, поэтому для получения конвейера большой протяженности необходимо произвести соединение концов лент.

В процессе эксплуатации лента приобретает остаточное удлинение, поэтому требуется производить перестыковки с удалением части ленты.

На комплексах могут устанавливаться от 3 до 8 конвейеров протяженностью до 22 м, работающих со скоростями до 2,5 м/с. Обрыв ленты по стыку даже одного из них приводит к остановке всего комплекса, что влечет за собой большие экономические потери. Исходя из вышесказанного, актуальной является задача исследования параметров узла соединения концов стыка ленты конвейеров и совершенствования его параметров.

В настоящее время соединения концов ленты осуществляется с помощью горячей вулканизации, что позволяет добиться прочности соединения 90 % от параметров основной ленты. При этом концы лент срезаются под углом 20° и разделяются ступенчато по прокладкам.

¹ Винникова А. А. – студент группы СЖД-72, институт АИТС

² Галанский С. А. – к.т.н., доцент кафедры «Путь и путевое хозяйство»

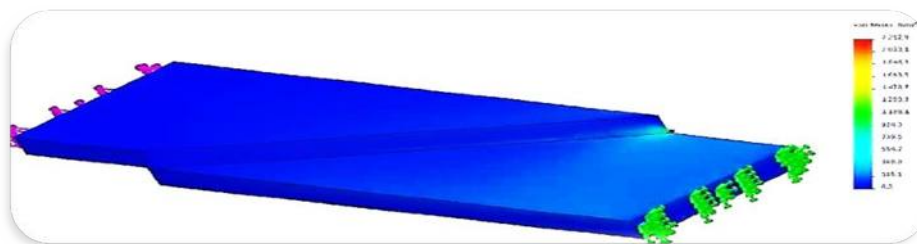


Рис. Эпюра напряженно-деформированного состояния стыкового соединения конвейерной ленты ЩОМ

Снижение напряжений в рассматриваемом узле соединения конвейерной ленты, а также придание стыку ленты характеристик, близких к параметрам, указанным в инструкции может быть достигнуто за счет:

- использование современных клеев, позволяющих выдерживать большие напряжения;
- изменение геометрических параметров стыка.

Изменение геометрических параметров стыка с целью снижения напряжений в месте соединения возможно путем частичного удаления острой части разделки, как представлено на расчетной модели (рисунки) [2].

Подтверждается, что при данном соединении концов конвейерных лент, позволяет снизить напряжения в наиболее нагруженном участке.

Как было определено в предыдущих расчетах основным фактором снижающим производительность грохота ЩОМ и очистки балласта в целом является повышенная влажность вырезаемого щебня. При том основная часть влаги содержится в мелких и пылевидных фракциях вырезаемого материала. Эта фракция налипает на частицы щебня и металлические части грохота и снижает эффективность разделения фракций. Также налипший слой влажной пыли остается на частицах рабочей фракции щебня, ухудшая его качество в отсыпаемом балластном слое [5].

Для эффективного удаления лишней влаги предлагается обрабатывать вырезанный балластный материал перед поступлением на вибрационный грохот электромагнитным полем сверхвысокой частоты (СВЧ-полем) [4].

СВЧ-нагрев способен эффективно и быстро с высоким коэффициентом полезного действия удалить влагу из загрязнителя балластного материала при очистке. Предполагается обрабатывать балласт так же после прохождения основной массы через сита грохота.

Следующее рассматриваемое решение заключается в совершенствовании способа обслуживания машин для очистки балластной призмы [1].

Суть решения состоит в синхронизации операций по замене сменных изнашиваемых элементов машины опираясь на обеспечения равного ресурса работы всех изнашиваемых элементов и/или их кратности для групп элементов. Технический результат от применения технического вывода состоит в увеличении производительности машины за счет сокращения ее остановок.

В результате, данный способ использования представляет собой изменчивый цикл работы и остановов на замену старых элементов. Так как запас этих элементов разный, то цикл неравномерен. То есть за время работы машины до замены футеровки нисходящего желоба может потребоваться X-замен рыхлителей, Y-замен скользунгов, Z-замен заходного листа, i-замен футеровки восходящего желоба и т.д.

Таким образом, видно, что ограничением способа эксплуатации является небольшая производительность машины из-за частых остановов машины. Техническим результатом данного способа является повышение производительности машины за счет уменьшения количества остановов. Это оснащается подбором материалов, их физико-механических свойств, толщин и конструкции сменных элементов, которые предоставляют заданный ресурс равным для всех элементов.

Итоги теоретических исследований, подтвержденные экспериментальными данными, подтвердили, что производительность щебнеочистительного комплекса ЩОМ–1200 ниже, чем заявленная в технической характеристике [3].

Выводы. На основе проведенного анализа вариантов решений по увеличению произ-

водительности работы щебнеочистительной машины нами предлагается два на наш взгляд наиболее перспективных направления.

1. Уменьшение остаточной загрязненности щебня в процессе очистки путем его сушки и дополнительной прогрохотки.
2. Повышение синхронизации производительности добывающего и классифицирующего модулей за счет регуляции режимов их работы на основе измерения данных о параметрах загрузки этих модулей материалом, влажности и загрязненности балласта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Мокрицкий Б. Я., Фадеев В. С. Способ эксплуатации машин очистки балластной призмы : патент РФ № 2233931, 2004.
- 2 Чалова М. Ю. Совершенствование метода расчета параметров скребково-цепного исполнительного устройства щебнеочистительных машин нового поколения: дис. ... канд. техн. наук. Москва, 2015. 201 с.
- 3 Путьевые машины полный курс: учебник для студентов вузов железнодорожного транспорта / М. В. Попович [и др.], под ред. М. В. Поповича и В. М. Бугаенко. Москва, 2009. 560 с.
- 4 Морозов О., Каргин А., Савенко Г., Требух В., Воробьев И. Промышленное применение СВЧ-нагрева // Электроника НТБ. 2010. № 3. С. 2-6.
- 5 Тойрер И., Брауннингер М. Способ очистки щебня рельсового пути : патент РФ № 2249643, 2005.

ПУТИ СОЗДАНИЯ МОДИФИЦИРОВАННОГО АБРАЗИВНОГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ СКОРОСТНОГО ШЛИФОВАНИЯ РЕЛЬСОВ

А. М. Гизетдинов¹, С. А. Галанский²

Введение. При подготовке к работе по шлифовке рельсов следует оценить фактический продольный профиль, а также наличие других поверхностных дефектов рельс.

Продольный профиль поверхности катания рельсов определяется посредством:

- путеизмерительных вагонов, оборудованных устройствами для измерения волнообразного износа поверхности головки рельсов;
- ультразвуковыми бесконтактными профиломерами;
- тележек для индикации волнообразного износа рельсов;
- измерительного устройства рельсошлифовального поезда.

Для того чтобы правильно выбрать ремонтный профиль, необходимо знать причины изъятия рельсов с исследуемого полигона. При выборе ремонтного профиля, который необходим для ремонта рельсов, следует учитывать характер повреждения.

В результате восстановления профиля удастся значительно снизить выход рельсов по дефектам контактно-усталостного характера, а шлифовка поверхности катания рельсов позволяет устранить или уменьшить дефекты заводского происхождения, термомеханические повреждения, волнообразный износ [1].

Благодаря удалению поверхностных дефектов, увеличиваются сроки службы подвижного состава за счет уменьшения усталости деталей и узлов. Также, снижаются вертикальные динамические нагрузки, шум и вибрация, увеличивается срок службы рельсов, рельсовых скреплений и шпал, происходит существенное увеличение их рабочего цикла, кроме этого улучшается плавность движения поездов, сокращаются расходы на содержание и ремонт подвижного состава [5].

На сегодняшний день ОАО «РЖД» ставят перед собой задачу увеличить срок службы рельсов. Это можно сделать с помощью периодического их шлифования. С целью возвращения первоначальных условий взаимодействия гребня колеса ПС с рабочей поверхности катания рельса, применяется профильное шлифование. Наиболее перспективным направлением в решении данной проблемы является технология шлифования рельсов при

¹ Гизетдинов А. М. – студент группы СЖД-72, институт АИТС

² Галанский С. А. – к.т.н., доцент кафедры «Путь и путевое хозяйство»

помощи рельсошлифовальных поездов, которая позволяет производить механическую обработку головки рельсов, не демонтируя ее в условиях железнодорожного пути [2].

Что же представляют из себя рельсошлифовальные поезда. Небольшие и маневренные в использовании машины, имеющие от 8 до 24 шлифовальных кругов (а иногда и того меньше), применяются на небольших железнодорожных сетях или для шлифования таких специальных устройств пути, как стрелочные переводы и пересечения. Они также могут использоваться по требованию в качестве вспомогательных машин для работы на критических участках небольшой протяженности, причем, как правило, в корректирующем режиме.

Высокопроизводительные рельсошлифовальные машины обслуживают достаточно протяженные участки пути, в частности, на высокоскоростных линиях и линиях с тяжеловесным движением. Обычно они осуществляют шлифование рельсов за один проход. Имея от 48 до 96 шлифовальных кругов, они способны отшлифовать рельс до целевого профиля и снять с него заданное количество металла за один проход высокой скоростью резания.

Выбор рельсошлифовальной машины осуществляется на основе комбинированного критерия, учитывающего такие факторы, как требуемая производительность, желаемое качество чистовой обработки шлифуемой поверхности, первоначальные капиталовложения и предстоящие затраты на текущее содержание пути. Вращающиеся оси шлифовальных кругов ориентированы перпендикулярно рельсу, что позволяет производить снятие металла с поверхности рельса вытянутыми в продольном направлении полосами или фасками. Число, порядок и ширина отдельных фасок оказывают влияние на окончательный профиль рельса, чистоту обработанной поверхности и количество снимаемого металла. Чем больше снимаемых фасок, тем плавнее переходы между смежными фасками, совершеннее геометрическая форма поверхности рельса и больше количество материала, которое может быть снято с рельса. Суммарное число фасок может быть увеличено, если производить шлифование рельсов повторяющимися проходами небольшой рельсошлифовальной машины или увеличить на машине общее число работающих шлифовальных кругов. Чем больше будет число проходов машины по одному и тому же участку рельсового пути, тем больше времени будет закрыт для движения этот путь. Использование большего числа шлифовальных кругов на машине позволяет производить шлифование за один ее проход при высокой скорости резания, что значительно сокращает время занятости соответствующего пути.

Выбор рельсошлифовальной машины диктуется соображениями эксплуатационного и финансового характера, учитывающими время использования машины непосредственно на пути, время занятия пути для ее работы, производительность, ожидаемую рентабельность, требования в отношении переброски с одного места на другое, условия отстоя и множество других факторов и параметров.

Один из самых применяемых комплексов для шлифования рельсов является РШП-48, где 48 это количество активных органов, то есть шлифовальных головок.

Он состоит из трех шлифовальных вагонов и тягово-энергетической секции:

1. Измерения рельсов и управление комплексом производится из кабины вагона.
2. РШП-48 восстанавливает форму головок, убирает волнообразные неровности и удаляет дефектный слой металла рельсов.
3. Работает с марками Р50, Р65 и Р75 при любых вариантах скрепления [4].

Так же имеются рельсошлифовальные станки и тележки. Этими устройствами можно проводить зачистку наплавленных концов рельсов, крестовин и острияков стрелочных переводов. Это более мобильные инструменты, в работе требуется всего 1 человек [3].

Существуют:

- переносные рельсошлифовалки с электроприводом - для зачистки направленных концов рельсов, крестовин и острияков стрелочных переводов;
- рельсошлифовалки на тележках с электроприводом рабочего органа - для зачистки боковых накатов (заусенцы) на рельсах всех типов, острияках и крестовинах стрелочных переводов;
- катучие рельсошлифовальные станки - для шлифования сварных стыков рельсов;
- рельсошлифовальный станок по копиру - для шлифования крестовин.

Для шлифования рельсов в пути применяются три способа:

1. Торцевое шлифование рельсов вращающимися абразивными кругами.
2. Непрерывное строгание рельсов в пути с последующим виброшлифованием.
3. Скользящее шлифование.

Профильное шлифование головки рельсов в пути достигается абразивной обработкой вращающимися кругами по методу «следа» торцом круга. Абразивный круг вращается вокруг оси и снимает полоску металла при продольной подаче тележки вдоль рельса. Группа кругов позволяет обрабатывать головку рельса по многоугольнику.

Для изготовления шлифовальных кругов используются зерна абразива с полимерным связующим. Размеры и тип зерен, тип связующего, а также то, в какой пропорции они соединяются в шлифовальном круге, в значительной мере определяют его эксплуатационные характеристики. Чем больше размер абразивных зерен, тем больше снимаемая с поверхности рельса стружка, выше скорость резания и грубее поверхность после обработки. Тип зерен, используемых для изготовления шлифовального круга, оказывает влияние на сопротивляемость зерна разрушению вместе со способностью полимерного материала связывать зерна и, в конечном счете, определяет способность шлифовального круга снимать металл с обрабатываемой поверхности. Все упомянутые факторы принимаются в расчет при проектировании шлифовальных кругов для конкретного применения. При этом следует на приоритетной основе добиться компромисса между этими параметрами, как скорость резания, срок службы круга и чистота обработанной им поверхности.

Размер области снятия металла каждым шлифовальным кругом прямо пропорционален силе, действующей в контакте поверхность рельса - шлифовальный круг. Суммарная потребность в мощности, необходимой для поддержания постоянной частоты вращения шлифовальных кругов, в условиях возрастания упомянутой силы также возрастает, причем в прямой пропорциональной зависимости от этой силы. Минимальная величина силы и ассоциируемая с ней минимальная мощность требуются для того, чтобы проникнуть в рельсовую стель и осуществлять снятие этого материала. Скорость изнашивания и приведения в негодность шлифовального круга находится в обратной нелинейной зависимости от силы, действующей в контакте поверхность рельса – шлифовальный круг. По этому с увеличением давления в этом кон такте (а следовательно, и потребляемой мощности) производительность шлифования возрастает, а с ней увеличиваются затраты на замену шлифовальных кругов, но зависимость их от производительности носит уже другой характер. Размер области снятия металла зависит также от скорости поступательного движения рельсошлифовальной машины. С увеличением скорости машины объем снимаемого металла уменьшается, причем зависимость эта носит нелинейный характер. Существует минимальная величина скорости машины, при которой теплота, сообщаемая рельсу и процессе шлифования, вызывает нежелательное обесцвечивание. Эта величина зависит от прилагаемой мощности: чем больше мощность и давление, тем выше минимальное значение скорости.

Чистота обработки поверхности оценивается как средней величиной отклонений от идеально гладкой поверхности, так и полной (от вершины до вершины) амплитудой бороздок, оставляемых шлифовальным зерном вдоль каждой шлифовальной полосы. Как правило, большое количество бороздок небольшой глубины от прохода шлифовального круга на поверхности рельса свидетельствует о высокой степени чистоты обработки поверхности. Чем больше мощность, меньше число фасок, медленнее продвижение машины и крупнозернистее шлифовальный круг, тем грубее обрабатывается поверхность.

Предлагается конструктивно новое решение абразивного инструмента для применения в технологических процессах по шлифованию железнодорожных рельсов в пути и в стационарных условиях с помощью различного специализированного оборудования. Экономический эффект достигается за счет снижения числа проходов РШП, уменьшения времени проводимых работ по шлифованию рельсов, и сокращения времени «окна».

Вывод. Предлагается использовать композиционные абразивные круги, сочетающие в себе режущие участки на керамической и бакелитовой связках, которые могут сочетать в себе все достоинства встречного и попутного шлифования. Чередование режущих участков на

бакелитовой и керамической связках круга обеспечивает безприжеговое шлифование рельсов и повышение производительности обработки.

То есть в синергии они дают большую продуктивность, что увеличивает объем съема металла почти в 2 раза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Алижан А. Влияние динамических процессов в системе колесо-рельс на образование волнообразных неровностей на поверхности катания рельсов: диссертация – Москва. 2010. – 199 с.
- 2 Ильиных А.С. Научно-методические основы высокопроизводительной технологии шлифования рельсов в условиях железнодорожного пути. Диссертация – М.: 2010 г., 278 с.
- 3 Мазунов И.А. Технологическая карта по шлифовке рельсовых элементов стрелочных переводов рельсов и контролю параметров их износа: М.: 2008 г. – 34 с.
- 4 ГОСТ Р 51685-2013 - Рельсы железнодорожные. Общие технические условия – Москва. - 2014., 108 с.
- 5 Беседин И.С., Мугинштейн Л.А., Захаров С.М.. Развитие тяжеловесного движения на железных дорогах мира. ЖДМ - 2006, № 9, с. 39-48.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ УКРЕПЛЕНИЯ ОСНОВАНИЙ НА ОБЪЕКТАХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Е. С. Ефремова¹, С. В. Горбатенко², Л. И. Матюшкова³

Введение. Перспективы развития высокоскоростного движения и повышение уровня пропускной способности, надежности и точности перевозок, требуют решения комплекса вопросов по содержанию железнодорожного пути. Работа направлена на исследование методик усиления основания железнодорожного полотна, мостовых опор и других объектов железнодорожной инфраструктуры. Актуальность также обуславливается необходимостью развития инфраструктурного блока за счет модернизации существующей и строительства новой инфраструктуры с целью обеспечения прогнозируемого объема перевозок [1].

Среди актуальных решений, применяемых на данный момент на объектах железнодорожной инфраструктуры, можно выделить несколько методов, позволяющих повысить прочность и устойчивость оснований железнодорожного полотна. Первый метод заключается в преобразовании механических свойств грунта основания посредством создания столбов из щебня (щебеночных свай). Данный способ используется на грунтах со слабой несущей способностью, способных быстро деформироваться и давать большую осадку [2]. Установка щебеночных свай производится методом глубинного виброуплотнения, с использованием специализированного механизма – «виброфлота» (рис. 1). Данный аппарат формирует тело сваи, постепенно поднимаясь к верху скважины, при этом одновременно осуществляется подача щебня в тело сваи через дополнительный привод.

Методика позволяет укрепить основание в короткие сроки и с невысокими затратами. Практическое использование метода осуществлялось при строительстве Крымского моста. Грунты данного района в статичном положении обладают существенными прочностными характеристиками, но под воздействием динамических нагрузок резко теряют свои свойства и несущую способность.

Щебеночные сваи модифицируют грунт, делают его не разжижаемым, отводят лишнюю влагу, при этом не препятствуют естественному дренированию грунта. Если сравнивать с традиционными методами уплотнения щебеночные сваи имеют следующие преимущества: снижение осадки грунтов основания в 2–6 раз; сокращение расходов и сроков строительства за счет минимального объема земляных работ [3].

¹ Ефремова Елена Сергеевна – студент группы СЖД-84, институт АИТС

² Горбатенко Светлана Владимировна – студент группы СЖД-81, институт АИТС

³ Матюшкова Любовь Ивановна – старший преподаватель кафедры «Путь и путевое хозяйство»

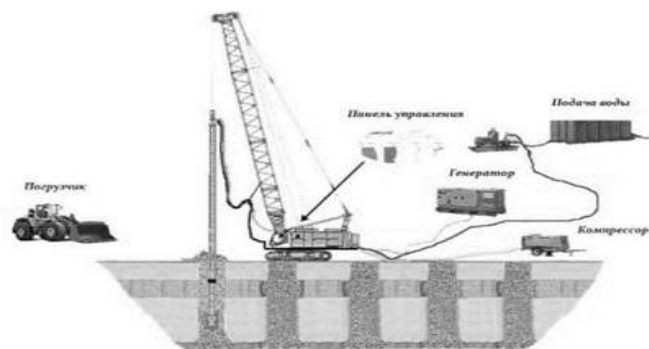


Рис. 1. Установка щебеночных свай методом глубинного виброуплотнения

Преобразование механических свойств грунта также может осуществляться посредством различных цементных растворов, с применением технологии струйной цементации. Суть данной технологии в использовании высоконапорной струи цементного раствора, с помощью которой производится разрушение и одновременное перемешивание грунта с цементным раствором в теле сваи. При этом образуется высокопрочный грунтоцемент. Данный процесс изображен на рис. 2.

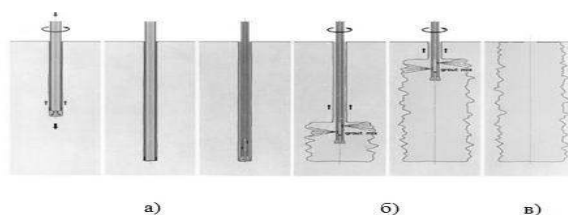


Рис. 2. Струйная цементация:

- а) бурение скважин; б) подъем буровых штанг с одновременной подачей раствора;
- в) образование грунтоцементного элемента

Если сравнивать два вышеперечисленных метода, то метод глубинного уплотнения щебеночных свай является эффективнее и экономичнее, чем цементация, так как щебня по весу тратится 500 кг, а на один кубометр закрепляемого грунта требуется почти тонна цемента.

Далее рассмотрим укрепление насыпи. Широкое распространение получил метод устройства гибкого ростверка с применением различных геосинтетических материалов на основе сырья из полиэфира (ПЭТ) и поливинилспиртовых (ПВС). Существующий способ позволяет избежать локальных просадок и равномерно распределить действующие нагрузки. Суть метода в установке свайных элементов. Это могут быть как бетонные, так и щебеночные сваи. На оголовки подобных свай укладывается геосинтетический материал (рис. 3). В результате прогиба грунта над оголовками возникает арочный эффект, и нагрузка распределяется сначала на сваи, а далее на несущий слой [4].

Такая конструкция имеет безусловное основание, поэтому ее можно использовать для укрепления оснований насыпей, в которых имеются слабые грунты.

Практическое использование метода осуществлялось при укреплении мостового устоя через реку Тысья, 267 км в 2005-2007 годах.

При укреплении насыпей также применяют многофункциональные геотехнические системы. В зависимости от характеристик грунта используются грунтовые анкеры, грунтовые нагели, анкерные тяги или буроинъекционные микросваи. Особенность метода в том, что одновременно в забой через полую штангу и буровую коронку с форсунками подается буровой цементный раствор. Он охлаждает буровую коронку и обеспечивает вынос шлама, далее

в скважину нагнетается густой цементный раствор, который замещает собой буровой раствор, и после набора прочности становится телом сваи.

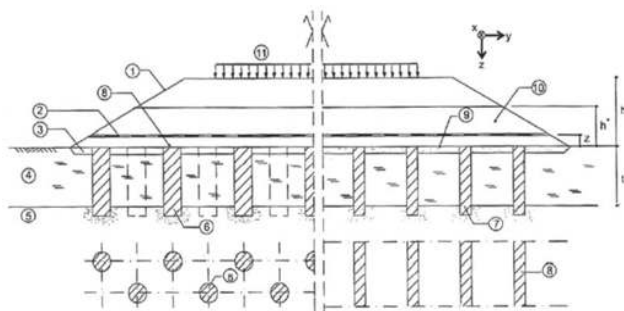


Рис. 3. Устройство гибкого ростверка:

1 - земляное полотно; 2 - геосинтетический материал; 3 - рабочая площадка; 4 - слабый грунт; 5 - несущий грунт; 6 - элементы сосредоточенной несущей конструкции; 7 - элементы линейной несущей конструкции; 8 - опорная область для элементов несущей конструкции; 9 - опора насыпи на сваи; 10 - грунт насыпи; 11 - нагрузка на насыпь

Данный метод уже имеет успешный опыт реализации на Горьковской железной дороге. При модернизации железнодорожного пути и проведении противокарстовых мероприятий на участке 395 км - 400 км Сейма - Доскино направления Москва - Нижний Новгород были использованы нагели и буруинъекционные сваи GEOIZOL-MP.

Следующая группа материалов – геомембраны и геосинтетики. Геомембраны используются в качестве гидроизоляции и противофильтрационных экранов, а также применяются на откосах для противоэрозионной защиты, препятствуя оврагообразованию, размыву и другим разрушениям. С помощью геосинтетических материалов предотвращают неравномерные осадки [5].

Заключение. Проведение вышеперечисленных мероприятий по укреплению оснований на объектах железнодорожной инфраструктуры послужит гарантом безопасной эксплуатации железнодорожных линий и предотвращения сбоев в графике движения поездов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Стратегия развития холдинга «РЖД» на период до 2030 года [Электронный ресурс] / ОАО «РЖД». URL: <https://company.rzd.ru/ru/9353/page/105104?id=804&> (дата обращения: 16.04.2022).
- 2 Парфёнов Р. Н. Современные методы стабилизации слабонесущих грунтов // Молодой ученый. 2020. № 49. С. 49-51.
- 3 Пособие по проектированию земляного полотна автомобильных дорог на слабых грунтах от 03.12.2003 № ОС-1067-р // Министерство транспорта Российской Федерации. М., 2004. 252 с.
- 4 Самко А. В. Свайная система с гибким ростверком на объектах железнодорожной инфраструктуры // Путь и путевое хозяйство. 2016. № 6. С. 16-19.
- 5 Кузнецова А. В. Влияние параметров плоских георешеток на стабильность балластной призмы и защитного слоя // Путь и путевое хозяйство. 2020. № 5. С. 29-31.

АНАЛИЗ СПОСОБОВ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ОВРАГООБРАЗОВАНИЯ И МЕТОДОВ БОРЬБЫ С СЕЛЕВЫМИ ПОТОКАМИ

Е. С. Ефремова¹, Т. В. Щенникова²

Введение. При проектировании и возведении земляного полотна железных дорог необходимо учитывать влияние неблагоприятных природных явлений, способных привести к его повреждениям или разрушению.

¹ Ефремова Е. С. – студент группы СЖД-84, институт АИТС

² Щенникова Т. В. – старший преподаватель кафедры «Путь и путевое хозяйство»

В значительной мере это касается процессов оврагообразования и возникновения селевых потоков.

Овраги – это промоины на земной поверхности, которые образуются в результате действия стекающей по склону воды, в случае благоприятствующих размыву условиях рельефа, грунта, климатических условий и при плохой защите поверхности склона.

Рост оврагов в длину колеблется от 1...2 до 50...100 м в год. Развитие оврагов зависит от целого ряда факторов геологического, гидрологического и климатического характера. Основной причиной оврагообразования является вода. Она обладает тем большей размывающей силой, чем больше скорость ее течения, поэтому наибольшая вероятность оврагообразования будет там, где имеют место крутые уклоны местности. Размывающая сила зависит также от количества протекающей воды, а поэтому в местах, подверженных сильным ливням или быстрому снеготаянию, образование и рост оврагов происходят более интенсивно. Кроме того, резко континентальный климат с большими колебаниями отрицательных и положительных температур является благоприятным для образования и роста оврагов, так как образующиеся морозобойные трещины или трещины земной поверхности от жары могут являться при выпадении осадков началом оврагов. Густой травянисто-растительный и кустарниковый покров с хорошо развитой корневой системой замедляет скорость течения воды, а потому открытые местности являются более опасными в отношении интенсивной оврагообразовательной деятельности [1].

Нарушенная земная поверхность легче поддается размыву, поэтому различные ее повреждения, к примеру, в виде ям или неукрепленных канав содействуют образованию оврагов. Развитие оврагов в пределах полосы отвода часто связано с дефектами водоотводных сооружений: неправильным устройством выпусков воды из кюветов и выпусков водоотводных канав в лога без укрепления. Огромное значение имеет также и геологическая структура местности, так как устойчивость различных грунтов против размывающего действия воды различна [2].

К грунтам легко оврагообразующим относятся мелкозернистые пылеватые пески, пылеватые суглинки, пылеватые глины, лёсс, лёссовидные суглинки, мергелистые грунты с большим содержанием глинистых частиц, глинистый мел, иловатые грунты и ряд других. Все они обладают способностью легко размываться с поверхности [1].

Для земляного полотна может возникать опасность повреждения оврагами, подходящими в процессе роста вплотную к нему, а также опасность заноса овражными выносами малых искусственных сооружений и даже пути. Овражные выносы могут полностью забивать отверстия искусственных сооружений и засыпать земляное полотно. Борьба с действующими оврагами заключается в недопущении дальнейшего их развития и в превращении оврагов в потухшие.

В районах с развитием оврагов принимают меры против возможности повреждения земляного полотна растущими оврагами и появления новых оврагов в зоне его расположения, а также против того, чтобы само земляное полотно, искусственные сооружения и различные устройства при земляном полотне (канавы, резервы) не стали причиной оврагообразования.

Мероприятия по борьбе с действующими оврагами проводят с учетом конкретных геологических и климатических условий, величины бассейнов, рельефа и т. д. К таким мероприятиям относятся:

- регулирование поверхностного стока воды;
- укрепление всего приовражного участка от начала до устья оврага;
- укрепление дна оврага;
- уполаживание крутых бортов оврага;
- засев приовражной зоны травами, посадка кустарников и деревьев.

Простейшие меры по регулированию стока воды – это устройство струенаправляющих валиков из земли или канав с отсыпкой вынутой земли в валики по борту канавы с низовой стороны. Размеры канав устанавливаются в зависимости от количества сбегавшей по склону воды. Направление валиков и канав выбирают близким к горизонталям.

Такого же эффекта можно достигнуть устройством препятствий для стекающей воды в виде сплошной хворостяной выстилки, хворостяных полос, плетней, каменных барьеров в направлении горизонталей.

Эти препятствия замедляют скорость стекающей воды, благодаря чему часть ее задерживается в приовражной зоне, а другая часть с уменьшенной скоростью стекает в овраг по всему фронту. Однако такие меры возможны лишь при устойчивых грунтах. При легко размываемых грунтах даже малая скорость воды, стекающей по всему фронту в овраг, будет вызывать размывы.

Более эффективны меры по недопущению воды в овраг по всему фронту. Достигается это устройством водоотводных канав с оградительными водонепроницаемыми валиками и укрепленных спусков воды из них в пониженных точках оврага. Спуски устраивают в виде специальных сооружений: лотков, перепадов, быстроток, консольно-леечных сбросов и др.

Валики из грунта укрепляют глинобетонными замками, дерном, хворостом, фашинами и другими способами.

Водоспускные сооружения в зависимости от наличия местных дешевых материалов и технико-экономических соображений устраивают хворостяными, фашинными, хворостяно-каменными, хворостянодеревянными, каменными, габионными, деревянными, бетонными, железобетонными, ряжевными.

Укрепление приовражной зоны – важная мера по борьбе с действующими оврагами. Лучший вид укрепления – облесение. Деревья сажают ранней весной или поздней осенью. Породы деревьев для посадки подбирают соответствующими флоре района. Для средней полосы России рекомендуются различные породы ив, тополь, ольха, белая акация, дуб, лесной орех и ряд других.

Приовражная зона, заросшая густым лесом, представляет собой надежную защиту против дальнейшего роста оврага, и такой овраг быстро затухает.

Крутые борта оврага уположивают до крутизны естественного откоса грунта, если имеются условия для поступления воды в овраг с его бровок. После уположения откосы бортов оврага обсеменяют, чтобы получить травяной покров. Овражные откосы укрепляют также живой защитой, например посадкой ивовых черенков или, при соответствующих условиях (подветренная сторона откоса, наличие почвы), фруктовых деревьев. Лучшим методом укрепления овражных откосов при помощи живых защит является комбинация древесных насаждений, кустарников и трав [2].

На дне оврага вода должна протекать, не подмывая овражные откосы и не углубляя дна, иначе рост оврага будет продолжаться. Поэтому дно оврага укрепляют каменной наброской, мощением и другими видами укреплений сплошь или же (чаще) устраивают через определенные промежутки по длине оврага неразмываемые пороги, разнообразные по конструкции и материалам. Эти пороги носят название донных укреплений.

При пологом уклоне оврага возможно применение хворостяных запруд, приводящих к постепенному заиливанию оврага.

Для нормальной работы земляного полотна в районах, подверженных оврагообразованию, огромное значение имеет своевременное принятие профилактических мер для предотвращения появления оврагов. К таким мерам относятся:

- тщательная охрана от каких-либо нарушений естественного травяного покрова, достаточного для предохранения от оврагообразования;
- своевременное заделывание незначительных рытвин, промоин, ям, могущих стать началом оврага;
- посадка кустарников, леса, устройство специальных водонаправляющих валиков на крутых склонах, прилегающих к земляному полотну, если естественный травяной покров недостаточен для снижения скорости сбегавшей воды;
- при расположении пашен вблизи от земляного полотна – распашка глубокими бороздами в направлении, параллельном горизонталям.

Если принятых мер недостаточно для предотвращения оврагообразования, то создают специальную систему канав и валов, перехватывающих и отводящих всю поверхностную воду за пределы зоны возможных оврагообразований.

При сооружении железнодорожного земляного полотна строители должны следить за тем, чтобы не создавались условия, благоприятные для появления оврагов. Так, вовремя не-

спланированные резервы, неукрепленные и плохо спроектированные канавы, незакрепленные конусы у малых мостов и оголовков труб при соответствующем рельефе, легко размываемых грунтах и неблагоприятных погодных условиях дают начало небольшим промоинам, переходящим при росте в овраги.

Селевыми потоками (селями) называют горные паводки, несущие большое количество твердого материала.

Селевая масса представляет собой смесь воды с мелкоземом, крупнообломочным материалом, стволами и корнями деревьев. Если количество глинистых и пылеватых частиц столь велико, что ими связывается вся масса воды, участвующая в селеобразовании, поток называется связным (густые грязевые и грязекаменные сели). Если же в потоке преобладают крупные фракции (галька, валуны), транспортируемые водой, поток называется несвязным (водокаменные сели). Связный поток характеризуется совместным движением и совместным отложением жидких и твердых фаз без отделения воды от твердых фракций [3].

В несвязном потоке при изменении русловых условий и прекращении движения твердых фракций может происходить отделение воды от твердого материала.

Основной причиной возникновения селевых потоков является наличие на склонах бассейнов подготовленных временем продуктов денудации (геологического выветривания) в виде отложенных в складках рельефа ранее смытых с поверхности рыхлых пород и осыпей, а также скоплений в руслах водотоков больших масс мелкообломочного материала. Способствуют образованию селей крутые уклоны логов в верхних зонах селеобразующих бассейнов, дожди ливневого характера и насыщенность водой поверхностных слоев грунта в результате прошедших дождей или медленного снеготаяния [5].

Основными мерами борьбы с селевыми потоками являются мероприятия по предотвращению быстрого насыщения и смыва водой рыхлых продуктов выветривания в местах их отложений: сохранение и развитие древесной растительности и травяного покрова, создание охранных и защитных зон, регулирование поверхностного стока, террасирование территории.

Если эти мероприятия не предотвращают возникновение селевых потоков, то принимаются меры по их регулированию: устраивают наносоудерживающие сооружения (системы запруд – барражи), стены, глубинные наносоуловители, селенаправляющие устройства, селепропускные сооружения: мосты, эстакады, селеспуски для безопасного пропуска селей через железные дороги.

Большой опыт борьбы с селями имеет Закавказская дорога. В ее пределах построены селеспуски различных конструкций, широко применяется барражирование логов и водотоков, многие мосты запроектированы и сооружены с учетом возможности пропуска селей [4].

При трассировании линии в фиксированных местах возможного прохода мощных селей целесообразно предусматривать эстакадный (мостовой) переход линии через поток с приданием обтекаемой формы опорам эстакады.

Вывод. Предотвращение выше перечисленных природных факторов является гарантом безопасной эксплуатации железнодорожных линий и предотвращения сбоев в графике движения поездов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 СП 32-104-99. Проектирование земляного полотна железных дорог колеи 1520 мм. 1999. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200003314>
- 2 Михайлов В. Н., Добролюбов С. А. Гидрология. Учебник для вузов. М. : Берлин: Директ-Медиа, 2017. 752 с.
- 3 Строительство железных дорог в чрезвычайных ситуациях. Учебник для вузов ж.-д. транспорта / Под ред. А. М. Призмазона. М. : Маршрут, 2004 501 с.
- 4 Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита: материалы IV Международной конференции (Россия, г. Иркутск – пос. Аршан (Республика Бурятия), 6-10 сентября 2016 г.). Иркутск.: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2016. 326 с.
- 5 Рыбальченко С. В., Верховов К. В. Склоновые селевые бассейны и их морфодинамические особенности // Геориск. 2017. № 4. С. 44–49.

СПОСОБЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ КРИВОЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ НА УЧАСТКАХ ПЕРЕЛОМОВ ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ

Е. Э. Карсаков¹, А. В. Тарасов², В. М. Тренькин³

Введение. Железнодорожная инфраструктура одна из важнейших экономических сфер государства. Железные дороги – это элемент единой транспортной системы страны, поэтому проектирование железнодорожных объектов представляет собой важную и ответственную область. Железные дороги должны соответствовать потребностям в перевозке в полном объеме с требуемыми критериями комфортности, безопасности движения. Идеальное положение пути – прямая линия, но в условиях сложного рельефа, наличия водных преград, населенных пунктов и других объектов на местности, путь приобретает извилистую линию в плане и профиле. В соответствии с нормами проектирования железнодорожного пути повороты линии сглаживают кривыми, состоящие из переходной кривой вначале, круговой в середине и переходной кривой в конце (стандартная кривая) [1]. В случае высокоскоростного движения поездов при проектировании целесообразно совмещать переходные кривые в плане и профиле, т. к. это позволяет уменьшить стоимость строительства железнодорожного пути, уменьшить динамические нагрузки и, следовательно, уменьшить затраты на содержание такой кривой [2]. Таким образом, возникает необходимость рассмотреть существующие способы математического описания пространственной кривой железнодорожного пути на участках переломов продольного профиля для проектирования высокоскоростных магистралей.

Основная часть. В соответствии с действующей нормативной документацией [3] не допускается совмещать переходные в плане и профиле из-за сложностей в строительстве и содержании таких кривых, однако, ряд исследований показывают целесообразность применения пространственных кривых для высокоскоростного движения поездов [4-6].

Существующие различные методы описания пространственной кривой, например:

- сечение конуса;
- винтовая кривая;
- кубическая парабола.

Сечение конуса - пересечение плоскости с поверхностью конуса. Существует три главных типа конических сечений: эллипс, парабола, гипербола (рис. 1).

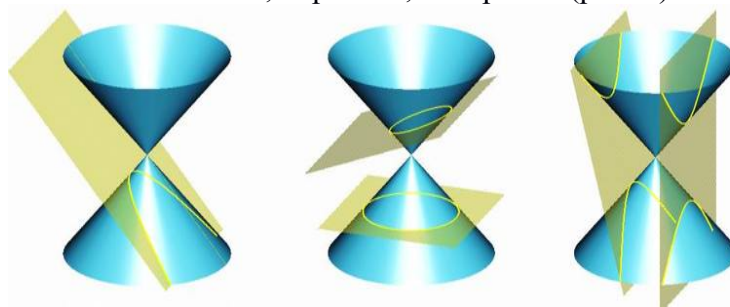


Рис. 1. Три основных конических сечения

Их можно описать с помощью формулы:

$$a^2 \cdot z^2 = x^2 + y^2,$$

где $a = \operatorname{tg}\theta$,

θ – угол между образующей конуса и его осью

Винтовой кривой называется пространственная кривая, являющаяся траекторией точки, которая вращается вокруг неподвижной прямой и поступательно перемещается вдоль этой оси.

¹ Карсаков Е. Э. – студент группы СЖД-13, институт АИТС

² Тарасов А. В. – старший преподаватель кафедры «Путь и путевое хозяйство»

³ Тренькин В. М. – к.т.н., доцент кафедры «Путь и путевое хозяйство»

Винтовые кривые делятся на правую и левую. Винтовая кривая называется правой при движении по часовой стрелке, а левой при движении против часовой стрелки.

Винтовые кривые делаются на два типа:

Цилиндрические винтовые кривые образуются при движении точки по поверхности кругового конуса (рис. 2.).

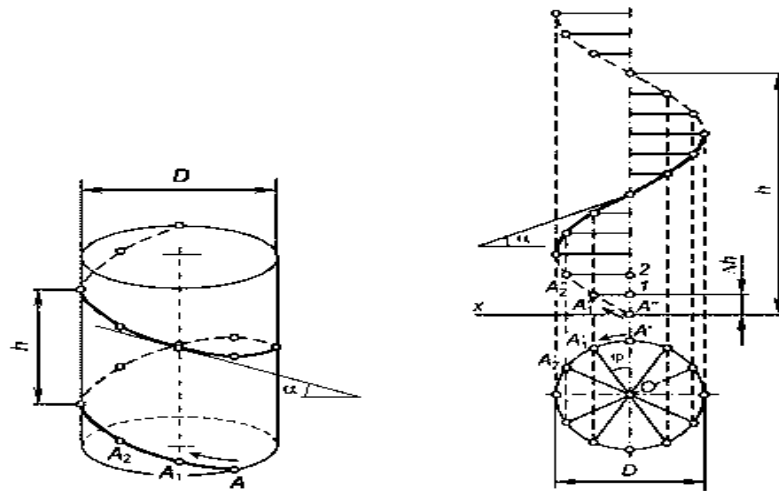


Рис. 2. Цилиндрическая винтовая линия

Коническая винтовая кривая образуется при движении точки по поверхности кругового конуса (рис. 3.).

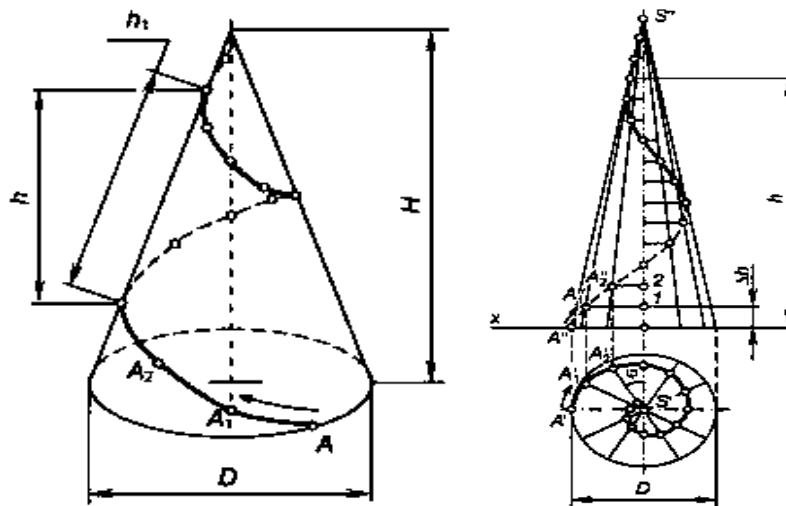


Рис. 3. Коническая винтовая кривая

Кубическая парабола. Если за переходную кривую, совпадающую с вертикальной кривой, принять кубическую параболу и в ее начало поместить нулевую точку координат, то параметрические уравнения «суммарной» пространственной кривой будут иметь вид (рис. 4) [2]:

$$\begin{cases} y = \frac{S^3}{6Rl}; \\ x = S; \\ z = R_B \left(1 - \cos \frac{S \pm \delta}{R_B} \right). \end{cases}$$

где x, y – плановые координаты;

z – вертикальная координата любой точки полученной пространственной кривой;

S – расстояние от начала переходной кривой длиной l до рассматриваемой точки.

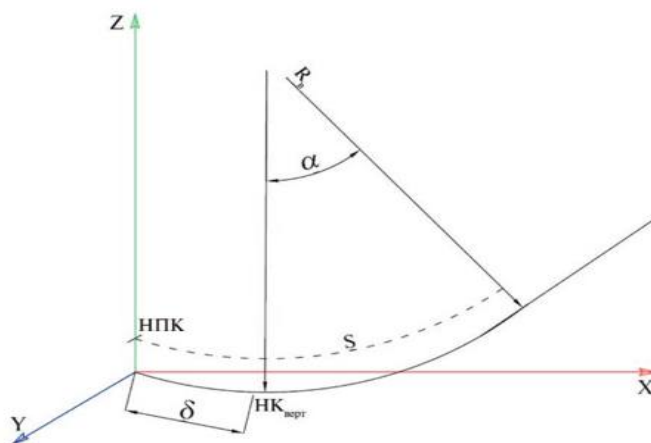


Рис. 4. Пространственная кривая, описанная кубической параболой

Из приведенных выше способов описания пространственной кривой наиболее целесообразно использовать способ кубической параболы, приведённой в статье [2].

Выводы. При проектировании определенного участка пути есть параметры в виде длины прямых в начале и конце кривой (l_1 и l_2), их уклон (i_1 и i_2), радиус скругления и длина кривой (R) (рис. 5).

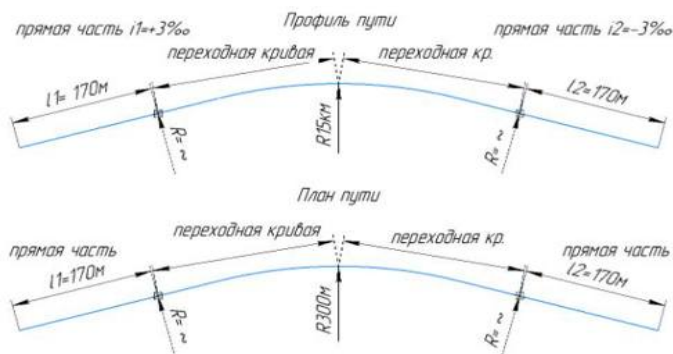


Рис. 5. Описание фрагмента участка пути

По мнению авторов, для оперативного определения координат точек пространственной кривой нужна методика и программа, которая также может быть использована для проведения научных исследования динамики пути и подвижного состава при описании макрогеометрии плана и профиля пути и моделировании в программе Универсальный механизм (рис. 6).

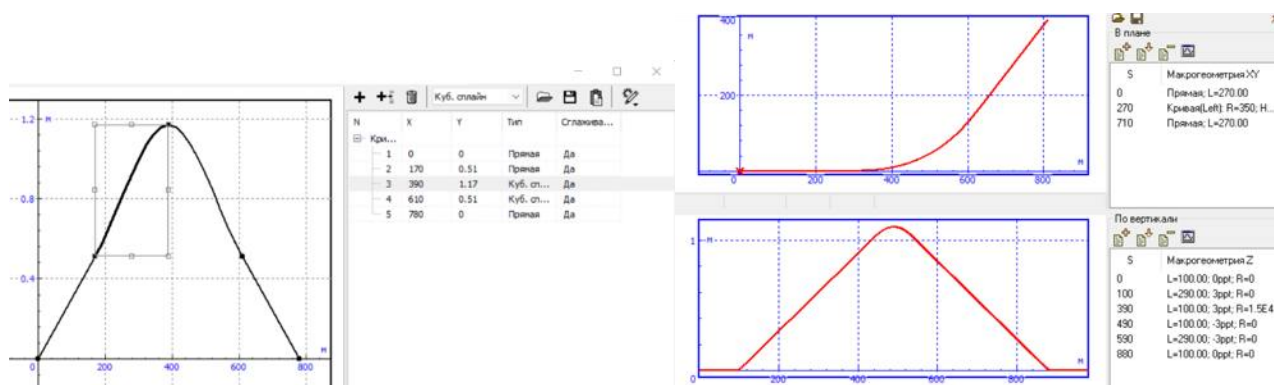


Рис. 6. Описание макрогеометрии пути в программе Универсальный механизм

Использование методики для определения координат точек пространственной кривой на участках перелома продольного профиля высокоскоростного движения поездов позволит по-точечно задавать макрогеометрию пути при моделировании для выявления оптимального положения пути как в плане, так и профиле.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Анализ норм проектирования и содержания профильных кривых / А. В. Тарасов, В. В. Атапин, В. М. Тренькин, Л. И. Матюшкова // Путь и путевое хозяйство. 2021. № 11. С. 18-20.
- 2 Аккерман Г. Л. Цифровизация при проектировании криволинейных участков / Г. Л. Аккерман, С. Г. Аккерман, Д. В. Каргапольцев // Путь и путевое хозяйство. 2020. № 3. С. 37-40.
- 3 СП 237.1326000.2015. Инфраструктура железнодорожного транспорта. Общие требования. -Введ. 2015-07-06. М.: Министерство транспорта Российской Федерации, 2015. 57 с.
- 4 К вопросу о допустимости совмещения кривых в вертикальной плоскости с переходными кривыми в плане при проектировании ВСМ / Г. Л. Аккерман, С. Г. Аккерман, А. В. Замуховский, В. А. Копыленко // Транспорт Российской Федерации. 2018. № 1 (74). С. 22-25.
- 5 Аккерман Г. Л. Инновации в геометрии трассы / Г. Л. Аккерман, С. Г. Аккерман, Д. В. Каргапольцев // Транспорт Азиатско-Тихоокеанского региона. 2019. № 4 (21). С. 40-43.
- 6 Взаимодействие пути и подвижного состава на участках перелома профиля с учетом проектирования пространственной кривой / А. В. Тарасов, С. А. Галанский, В. М. Тренькин [и др.] // Наука и образование транспорту. 2021. № 2. С. 250-254.
- 7 Тарасов А. В. Мониторинг вертикальных кривых на железнодорожном транспорте / А. В. Тарасов, В. А. Покацкий // Наука и образование транспорту. 2018. № 2. С. 173-175.
- 8 Матюшкова Л. И. Сравнительный анализ способов сопряжения элементов продольного профиля в вертикальной плоскости / Л. И. Матюшкова, Т. В. Нефедова // Молодежная наука в XXI веке: традиции, инновации, векторы развития: Материалы Всероссийской научно-исследовательской конференции, Оренбург, 25 апреля 2019 года. Оренбург: Южный университет (ИУБиП), 2019. С. 29-30.

ШПАЛА ИЗ ПЕРЕРАБАТЫВАЕМОГО ПОЛИМЕРНОГО МАТЕРИАЛА

Е. С. Серикова¹, Д. И. Галлямов²

Введение. *Полимерная шпала* – опора для рельсов из полимерных или композитных материалов. Такие шпалы, обладают положительными эксплуатационными качествами деревянных шпал (хорошей упругостью, технологичностью при укладке в путь и при проведении ремонтных работ), не имеют отрицательных качеств древесины таких как: большие затраты лесных ресурсов, гниение и появление трещин, недолговечность, трудноперерабатываемость [1]. Композитные шпалы не нуждаются в пропитке, балластный слой и почва не загрязняются вредными химическими соединениями, кроме того, возможна их повторная переработка.

Сейчас в России в качестве основания для конструкции рельсового пути, на стационарных и парковых путях, используются деревянные шпалы крепких пород дерева. Они пропитываются креозотом и антисептиками, которые увеличивают их долговечность и снижают старение древесины. После окончания сроков службы деревянных шпал возникают проблемы с их переработкой. Этот процесс достаточно трудоемкий и денежно затратный, большинство шпал складываются и являются опасными отходами [4].

Чтобы избежать таких экономических и экологических проблем, на железных дорогах мира получили распространение полимерные шпалы, на период 2022 года они уложены более чем на 1300 км путей (приблизительно 2 миллиона шпал), причем основное их применение – в тоннелях, на стрелочных переводах и открытых стальных балочных конструкциях. Состав полимерных шпал, как правило, является предметом коммерческой тайны. Обычно используется полимерный наполнитель с различными видами армирования.

Одним из наиболее распространенных и экологически чистых видов полимеров является ПЭТ (полиэтилентерефталат) пластик, ПЭТ известен миру и под другими названиями – лавсан, дакрон, майлар, термопластик или полиэстер. ПЭТ-тара – одна из самых известных в мире: из полиэтилентерефталата делают пластиковые бутылки, флаконы, банки и другие емкости. Он также широко применяется в медицине, машиностроении, в изготовлении одежды. ПЭТ обладает прозрачностью, высокой прочностью, хорошей пластичностью, высокими барьерными свойствами. Данный материал поддается обработке сверлением, пилением, фрезерованием. Все свои

¹ Серикова Екатерина Сергеевна – студент группы СЖД-82, факультет СИТ

² Галлямов Дамир Ильдарович – старший преподаватель кафедры «Путь и путевое хозяйство»

характеристики ПЭТ-материал сохраняет при температуре от -40 до +75 градусов. При изготовлении и переработки такого пластика требуется наименьшее количество затрат воды. По данным на 2022 год каждую секунду в мире производили 20 тыс. ПЭТ бутылок, а ежегодно люди выбрасывают более 200 млрд. пластиковых упаковок. Производство таких шпал значительно повысит уровень улучшения экологического состояния окружающей среды [3].

В рамках данного исследования был проведен расчет деревянной и ПЭТ шпалы методом конечных элементов. Было проведено 3 типа расчета для полимерной и деревянной шпалы: испытания шпал на трещиностойкость приложением усилия на подрельсовую площадку, в среднем сечении при изгибе вверх и середины вверх.

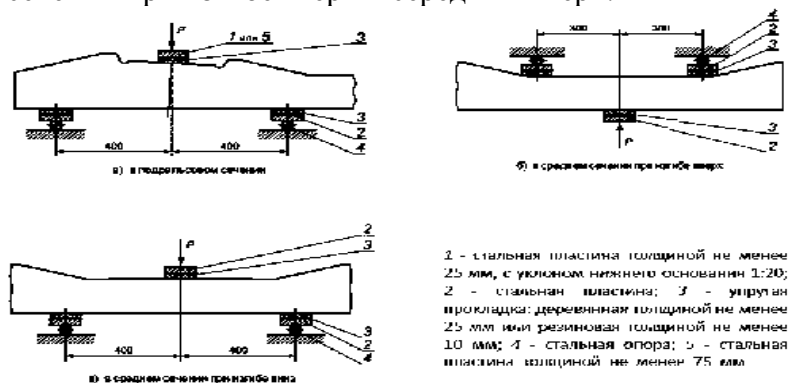


Рис. 1. Схема испытаний шпал на трещиностойкость

Для этого были смоделированы объемные конечно-элементные модели шпалы с полным геометрическим подобием и характеристиками.

В качестве материалов были заданы дерево и ПЭТ пластик со следующими физическими параметрами:

Таблица.1

Физические свойства материалов		
Наименование	ПЭТ	Дерево
Плотность, кг/мм ³	1,339	0,936
Модуль упругости, МПа	2898	22780
Коэффициент Пуассона	0,3887	0,3742
Объемный модуль сжатия, МПа	4339,6	30180
Коэффициент температурного расширения, 1/°C	0,000117	0,00000469
Предел прочности на растяжение, МПа	57,45	146,7
Предел прочности на сжатие, МПа	52,44	47,76

Результаты расчета представлены в таблице:

Таблица 2

Результаты приложения статической нагрузки на шпалу в центральной части снизу вверх

Нагрузка	Шпала ПЭТ		Шпала дерево	
	Напряжения, МПа	Перемещение, мм	Напряжения, МПа	Перемещение, мм
50 кН	7,23	1,74	7,23	0,22
100 кН	14,45	3,48	14,47	0,44
150 кН	21,68	5,21	21,71	0,66
200 кН	28,91	6,96	28,94	0,88

Таблица 3

Результаты приложения статической нагрузки на шпалу в центральной части сверху вниз

Нагрузка	Шпала ПЭТ		Шпала дерево	
	Напряжения, МПа	Перемещение, мм	Напряжения, МПа	Перемещение, мм
20 кН	2,83	0,73	2,85	0,09
30 кН	4,24	1,09	4,30	0,14
40 кН	5,66	1,46	5,70	0,19
50 кН	7,07	1,81	7,12	0,23

Результаты приложения статической нагрузки на шпалу к подрельсовой части сверху вниз

	Шпала ПЭТ		Шпала дерево	
	Напряжения, МПа	Перемещение, мм	Напряжения, МПа	Перемещение, мм
50 кН	6,13	1,48	6,20	0,19
100 кН	12,26	2,97	12,39	0,38
125 кН	15,32	3,71	15,49	0,47
150 кН	18,39	4,45	18,59	0,57

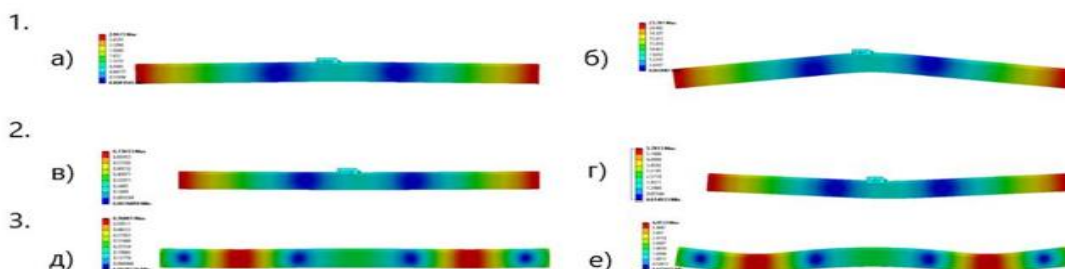


Рис. 2. Деформация шпалы при приложении нагрузки
 1 - в центральной части снизу вверх а) дерево; б) ПЭТ.
 2 - в центральной части сверху вниз. в) дерево; г) ПЭТ.
 3 - к подрельсовой части сверху вниз д) дерево; е) ПЭТ.

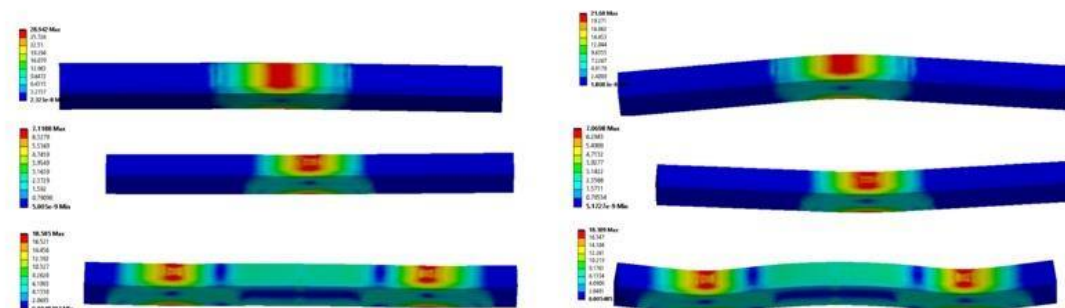


Рис. 3. Напряжения в шпале при приложении нагрузки
 1 - в центральной части снизу вверх а) дерево; б) ПЭТ.
 2 - в центральной части сверху вниз. в) дерево; г) ПЭТ.
 3 - к подрельсовой части сверху вниз д) дерево; е) ПЭТ.

При приложении нагрузки в обеих шпалах напряжения одинаковы и не достигают пределов прочности, однако перемещения в ПЭТ шпале больше, что свидетельствует о большей упругости. Большая упругость позволит ПЭТ шпале избежать образования трещин при эксплуатации.

Избавление от деревянных шпал – важный виток в развитии железнодорожного транспорта России. Внедрение полимерных шпал помогает решить проблемы сохранения окружающей среды и отхода пластика. Композитные шпалы по сравнению с деревянными имеют лучшие механические свойства. Конечно, производство полимерных шпал более затратно, но экономия при использовании ПЭТ шпал очень существенна. Разработка композитных шпал может найти применение не только в железнодорожной инфраструктуре, но и в метрополитенах, и на трамвайных путях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Виноградов Б. А. Книга 1. Полимерные материалы / Б. А. Виноградов, К. Е. Перепелкин, Г. П. Мещерякова. М.: Наука. Ленинградское Отделение, 2006. 384 с.
2. Иржак В. И. Структура и свойства полимерных материалов: учебное пособие. М.: Лань, 2022. 168 с.
3. Переработка полимерных материалов : учебное пособие / Н. В. Улитин, В. Г. Бортников, К. А. Терещенко [и др.], под редакцией В. Г. Бортникова. Казань : КНИТУ, 2018. 124 с.
4. Пшениснов Н. В. Железнодорожный путь : учебник. Самара : СамГУПС, 2019. 292 с.
5. Перспективные полимерные композиционные материалы. Альтернативные технологии. Переработка. Применение. Экология. Доклады Международной конференции «Композит-2019». Энгельс, 21-23 мая 2019 года. ГАУ ДПО «СОИРО», 2019. 332 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ГЛИНОЗЕМСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА ПРИ СИНТЕЗИРОВАНИИ СОСТАВОВ ЖАРСТОЙКИХ БЕТОНОВ

Е. С. Акифьева¹, С. В. Соколова²

Введение. С развитием строительной отрасли и науки в целом, к физико-механическим характеристикам бетонов предъявляются повышенные эксплуатационные требования. Данная тенденция не могла не затронуть мелкоштучные изделия. Их номенклатура достаточно обширна. Одни из них – штучные огнеупоры, из которых состоит футеровка тепловых агрегатов. Теплоагрегаты представляют собой крупные инженерные конструкции, работающие в высоких температурных условиях, что вызывает значительное напряжение и деформацию сооружения в целом [1, 2]. Из-за данной агрессивной среды у теплового агрегата происходит скорый выход из строя, т. к. футеровка состоит из штучных огнеупоров, которые повреждаются со временем работы. Поэтому возникает необходимость ремонта, расход большого количества дорогостоящих огнеупорных материалов и значительные затраты труда высококвалифицированных рабочих [3, 4]. Следовательно, для решения данной проблемы и повышения срока службы теплового агрегата необходимо осуществить изготовление изделий с повышенной жаростойкостью.

Основная часть.

По нашему исследованию возможно увеличить жаростойкость материала, используемого в качестве футеровки теплового агрегата с помощью синтеза жидко-стекольного вяжущего вещества. Мы использовали тонкомолотый огнеупорный компонент - высокоглиноземистый шамот. Отвердителем служило жидкое стекло и глиноземистый цемент. Изменение огнеупорных свойств в зависимости от вида отвердителя и тонкомолотой добавки представлено на рисунке.

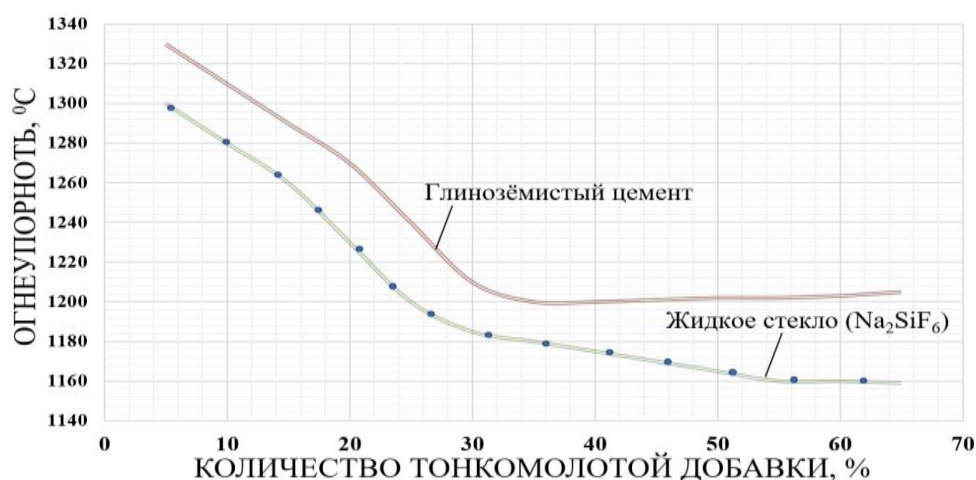


Рис. Огнеупорность (С⁰) жидко-стекольных вяжущих композиций в зависимости от типа отвердителя и количества тонкомолотой добавки – высокоглиноземистого шамотного кирпича

В таблице приведен химический состав тонкомолотого шамота, применяемого в нашем исследовании.

Таблица

Шамот тонкомолотый	Химический состав тонкомолотого шамота						
	Химический состав, масс %						
	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	SO ₃
	36-42	46-51	2-4	3-5	0-1	0-1	0-0,7

¹ Акифьева Екатерина Сергеевна – студент группы СЖД -04, факультет АИТС

² Соколова Светлана Владимировна – к.т.н., доцент кафедры «Строительство»

Заключение.

В результате нашего исследования, опытные данные которого отображены на рис. и в таблице – мы установили, что применение глиноземистого цемента с высокоглиноземистой добавкой повышает эксплуатационные характеристики тепловых промышленных агрегатов, что можно наблюдать на рис.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Некрасов К.Д.: Жароупорный бетон. М., Стройиздат, 1957. 283с.
- 2 Будников П.П., Хорошавин Л.Б.: Огнеупорные бетоны на фосфатных связках. М.: Металлургия, 1971. 191 с.
- 3 Хлыстов А.И., Чемоданов А.Ю., Соколова С.В., Божко А.В. Ремонт футеровки керамзитобжигательной вращающейся печи / Исследования в области архитектуры, строительства и охраны окружающей среды. - Тезисы докладов областной 58-й научно-технической конференции. Самарская государственная архитектурно-строительная академия. 2001. С. 64-65.
- 4 Соколова С.В., Хлыстов А.И. Структурная модификация огнеупоров – основа ремонта футеровок тепловых агрегатов / Современные представления об инвестиционных процессах и новые строительные технологии. Труды секции "Строительство" Российской инженерной академии. - Москва, 2004. С. 179-184.
- 5 Соколова С.В. Определение удельного электросопротивления жаростойких композитов с целью повышения их долговечности путем структурно-химической модификации растворами фосфатов / Строительный вестник Российской инженерной академии. Труды секции "Строительство" Российской инженерной академии -. Москва, 2007. С. 73-75.
- 6 Хлыстов А.И., Соколова С.В. Структурное модифицирование жаростойких композитов растворами фосфатов / Актуальные проблемы в строительстве и архитектуре. Образование. Наука. Практика материалы 59-й Юбилейной региональной конференции. Самарская государственная архитектурно-строительная академия; под редакцией: Чумаченко Н.Г. – 2002,- С. 157-159.
- 7 Хлыстов А.И., Соколова С.В. Подбор составов фосфатных связующих, в качестве модификаторов структур жаростойких композитов // Актуальные проблемы в строительстве и архитектуре. Образование. Наука. Практика материалы 60-й Юбилейной региональной конференции. Самарская государственная архитектурно-строительная академия; под редакцией: Чумаченко Н.Г. – 2003,- С. 109-112.
- 8 Соколова С.В. Структурно-химическая модификация жаростойких композитов / Композиционные материалы: разработка и применение: монография; [под ред. М.Ю. Звездиной]. Безуглов Д.А., Звездина М.Ю., Лагунов И.М., Матвеев М.И., Пономаренко В.И., Снявский Г.П., Соколова С.В., Черкесова Л.В., Шаламов Г.Н., Шокова Ю.А. Новосибирск, 2017.С.-134-152.

МОДИФИЦИРОВАННЫЕ БЕТОНЫ

С. В. Горбатенко¹, А. С. Баранов²

Введение. В наше время всё больше и больше требований предъявляется к одному из самых распространённых строительных материалов – бетону. Новейшие разработки в производстве позволяют эффективно улучшать структуру бетонной смеси и получать их с нужными свойствами. В нынешнее время появилась необходимость создания новых видов бетонов, из-за ужесточения экологических и тепло-энерго-ресурсосберегающих требований к его производству и применению. Одним из таких инструментов, направленного на улучшение эксплуатационных свойств бетона, является применение различных химических модификаторов, которых на данный момент появилось достаточно большое количество.

Как показала строительная практика, требуемых физико-механических показателей бетонной смеси и изделий из нее можно достичь либо технологическими и сложными приемами, либо изменяя рецептуру бетонной смеси. Как раз, применение модификаторов бетона является одним из наиболее гибких методов придания смеси требуемые характеристики. Однако, к рецептуре надо подходить максимально аккуратно. Перерасход добавок может не только не дать планируемого эффекта, но и может привести к снижению как прочностных, так и деформативных характеристик бетона и изделий в целом. В развитие технологии модификаторов бетона огромный вклад внесли такие ученые, как Ю. М. Баженов, В. И. Калаш-

¹ Горбатенко Светлана Владимировна – студент группы СЖД-81, институт АИТС

² Баранов Александр Сергеевич – к.т.н., и.о. зав. кафедры «Строительство»

ников [1]. Использование модификаторов ещё не изучено в полном объёме, но учёные активно изучают и проводят различные опыты, для выявления всех плюсов и минусов данной добавки. На данный момент модификаторы всё чаще используют в строительстве.

Одним из таких модификаторов является суперпластификатор. Сейчас всё большим спросом пользуются суперпластификаторы на поликарбоксилатной основе. Для бетонов он представляет собой полимеры и эфиры карбоновых кислот, которые растворяются в воде. К одним из многочисленных достоинств добавок на основе поликарбоксилата относятся высокая прочность бетона на ранних сроках твердения и невысокие дозировки добавки в процентах от массы цемента. К недостаткам же такой добавки относят высокую стоимость, но процессы производства таких пластификаторов совершенствуются и в скором времени эти добавки будут применяться в больших объёмах. При изучении литературных источников было выявлено, что суперпластификатор на основе поликарбоксилата положительно влияет на прочность бетона на растяжение при изгибе. Для опыта использовали образцы размером 100x100x400. Опытным путём было выявлено, что прочность на растяжение при изгибе образцов без добавок составила 3,6 МПа [2]. Тогда, как с добавкой - 4,8 МПа. То есть данная добавка при уменьшенном расходе вяжущего вещества, позволяет получить высокие значения прочности на растяжение при изгибе, по сравнению с образцом без добавок, чем и доказало свою эффективность (более 30 %).

Существует ещё один вид химического модификатора, такой как гиперпластификатор. В настоящее время в основном используются гиперпластификаторы на основе эфиров поликарбоксилатов и полиакрилатов. По данным исследования, следует, что данная добавка снижает водоцементное отношение растворной смеси на 20-25,7 % [3]. Из-за снижения водопотребности бетонной смеси происходит прочности уже на ранней стадии твердения. В данном случае прочность бетона при изгибе увеличивается на 15-51 %, а при сжатии на 23- 98 %, в зависимости от вида гиперпластификатора (например Мобет марки 2, Антигидрон марки 5, Одолит-Т, Одолит-К и другие). Опытным путём было выявлено, что лучшие показатели как по водоредуцирующему эффекту, так и по повышению прочности раствора достигаются при содержании добавки в количестве 1,2 % от массы цемента. В возрасте 28 суток показатели также выше с добавкой, по сравнению с бездобавочным. Прочность при изгибе в таком возрасте увеличивается на 4-27 %, а при сжатии повышается с 36,8 до 54,8 Мпа, то есть на 49 %. Таким образом можно сделать вывод, что данный вид добавки повышает прочность бетона как на ранней стадии твердения, так и на более поздних сроках.

Также установлено, что наиболее эффективным методом является использование специально подобранных комплексов в зависимости от назначения бетона и предъявляемых к нему требований, например совместное использование углеродного порошка с суперпластификаторами и гиперпластификаторами. В основу метода получения углеродного порошка был положен принцип технологии «сверху вниз». Данный метод основан на уменьшении размеров применяемого сырья вплоть до микроразмеров и наноразмеров путём совместного помола. По данным проводимого исследования на прочность цементного камня выяснили, что при совместном использовании углеродного порошка с гиперпластификатором повышается прочность цементного камня при сжатии в возрасте 28 суток на 109 % по сравнению с образцами без каких-либо добавок. При совместном использовании углеродного порошка с суперпластификатором повышается прочность цементного камня при сжатии в возрасте 28 суток на 76 % [4]. Таким образом мы видим, что использование углеродного порошка в комплексе с химическими модификаторами благоприятно влияет на свойства и характеристики бетона.



Рис. 1. Зависимость изменения прочности цементного камня на сжатии от количества вводимой добавки: 1 – гиперпластификатор; 2 – суперпластификатор [4].

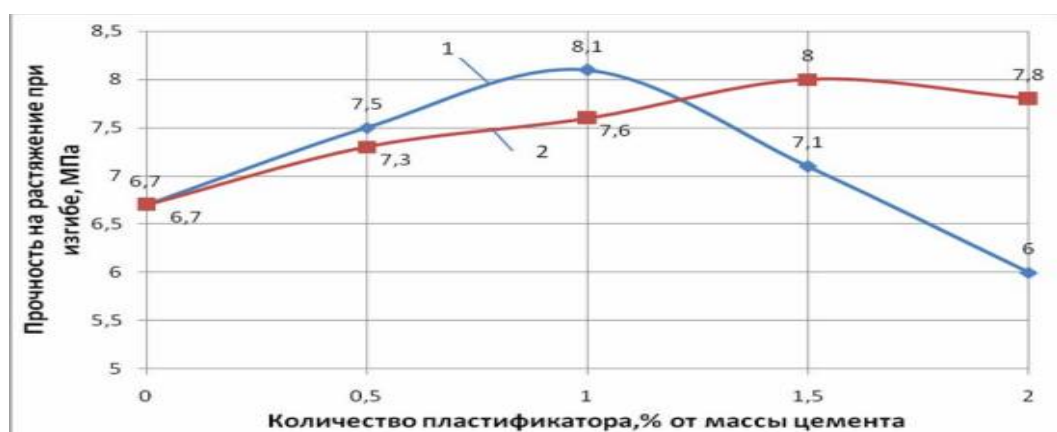


Рис. 2. Зависимость предела прочности на растяжение при изгибе от количества вводимой добавки: 1 – гиперпластификатор; 2 – суперпластификатор

Как показал обзор научной литературы, применение модификаторов – наиболее гибкий способ управления свойствами бетонной смеси. Одним из основных достоинств является то, что не требуется дорогостоящее оборудование для приготовления бетонной смеси и сложные технологические операции, как например при уплотнении бетона прессованием с применением тяжелого прессового оборудования, особенно при гиперпрессовании. А также, по сравнению с введением армирующих волокон, не требуется контролировать равномерность распределения добавки по объему. Таким образом, модифицированные бетоны по праву закрепили за собой титул «высокопрочные бетоны» и с развитием строительной науки находят все большее применение в строительной сфере.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Область применения и направления развития химических модификаторов бетона // строительство и недвижимость URL: <https://nestor.minsk.by/sn/2004/44/sn44408.html> (дата обращения: 16.04.2000).
- 2 Демидов Р.В., Балабанов М.С. СУПЕРПЛАСТИФИКАТОРЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИКАРБОКСИЛАТА ДЛЯ ТЯЖЕЛЫХ БЕТОНОВ // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. - Самара: СГАСУ.
- 3 Изотов В.С., Ибрагимов Р.А. Бетоны с добавками гиперпластификаторов // Наука и современность-2010. - Казань: КГАСУ, 2010. - С. 135-141.
- 4 Черкасов В.Д., Бузулуков В.И., Пронин Д.Н. Модификация цементного камня комплексной добавкой на основе супер-, гиперпластификатора и углеродного порошка // Региональная архитектура и строительство 2016. - Саранск: МГУ им.Н.П.Огарева, 2016. - С. 40-49.

ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕКРЫТИЯ КАРСТОВЫХ ПРОВАЛОВ С ПОМОЩЬЮ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ В ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Л. Ф. Зайдуллина¹, С. Е. Власова²

Введение. В исследовании предпринята попытка сравнительного анализа физико-механических свойств и функций геосинтетических материалов, применяемых в железнодорожном строительстве. Геоматериалы на основе композитов и полимеров в России получили массовое распространение относительно недавно, и за короткое время зарекомендовали себя с самой лучшей стороны. Поэтому даже на сложных и нестабильных участках (магистральные участки железнодорожного полотна, переезды, развилки, стрелочные переводы, погрузочные станции и т.д.), осложнённых карстовыми процессами, геоматериалы сохраняют свойства в течение десятилетий.

Карстовые процессы значительно усложняют строительство и эксплуатацию сооружений, способны приводить к осадке, провалам земной поверхности и деформации сооружений, вплоть до их полного разрушения. Поэтому задача исследовательской работы состояла в разработке рекомендации по выбору наиболее пригодного материала для защиты железнодорожного пути при развитии карстовых процессов, вызываемых атмосферными осадками и подземными водами в карбонатных и сульфатных породах.

В список геосинтетиков, физико-механические свойства которых анализировались, вошли некоторые виды геоматериалов, такие как, геотекстиль (тканый, иглопробивной и термоскрепленный), георешетка (геосетка), нетканый геокомпозит, а также геомембраны различных модификаций. Данные геоматериалы получили применение в строительстве и ремонте железных дорог, способны выполнять следующие функции: усиление балластного и подбалластного слоя грунта (геотекстиль, геосетки и георешетки); дренажный отвод грунтовых вод (геотекстиль); укрепление железнодорожных насыпей и усиление откосов (георешетки); разделение грунтовых слоёв и фильтрация (геотекстиль).

Таблица 1

Сравнительный анализ физико-механических свойств исследуемых геосинтетических материалов

Тип материала	Плотность, г/м ²	Толщина листа, мм	Морозостойкость, град	Относительное удлинение при разрыве, %	Прочность при растяжении, не менее, МПа	Водопроницаемость, м/сут	Стойкость к агрессивным воздействиям, %
1	2	3	4	5	6	7	8
Геотекстиль:							
Dortex 100	100 +/- 9 %	1,2	- 60 до + 110	130	1,1	140	Стойкость при щелочах и кислотах до 2-10 pH
Dortex 300	300 +/- 9 %	2,5	- 60 до + 110	115	1,4	100	
Дорнит ЭКО	100 – 500	1,7 – 4,7	- 55 до + 50	100 – 130	16,2 – 22,8	140 – 80	
Геокомпозит ДТМ-450 нетканый, водонепроницаемый							
	450	2,1	- 80	100	6,75	-	>80

¹ Зайдуллина Ляйсан Фанисовна – студент группы СЖД-91, институт «АИТС»

² Власова Светлана Евгеньевна – старший преподаватель кафедры «Строительство»

1	2	3	4	5	6	7	8
Георешетка, ячейка 25x25/40x40/50x50, водопроницаемая							
«Апролат СД-20»	300 – 570 +/- 15 %		– 60	>15 %	20 – 45 кН/м	–	Не поддаётся действию кислот и щелочей
Геомембраны водонепроницаемые							
LDPE: ПВД 10803-020	900 – 920	1–3	– 100	450	12,2	–	90
HDPE: ПНД 273-83	950 – 970	1–3	– 70	550	24,5		90
HDPE: профи- лиро-ванная мембрана «Black»	400 – 600	8	– 80	25	16 и более		90

Повышенные требования к качеству дорог, плотность графика, а также общее увеличение средней скорости требуют, чтобы реконструкция и строительство новых магистралей проводилось с использованием синтетического материала – геомембран, с помощью которых можно в несколько раз увеличить срок службы объекта. По техническим характеристикам предпочтение отдаётся геомембране LDPE: ПВД 10803–020 в качестве гидроизоляционного слоя, как отличающегося улучшенной адгезией и прочным сцеплением с рабочей поверхностью; для решения стандартных задач по гидроизоляции возможно использование ПНД 273–83HDPE, имеющего низкий коэффициент трения. Для достижения максимального эффекта от применения геомембран лучше их комбинировать с другими геосинтетиками.

Геотекстиль «Дорнит» в железнодорожном строительстве используется как армирующая и дренирующая подложка, чем существенно снижает риск появления карстовых провалов и выхода путей из строя, а также служит для создания противодиффузионного экрана, благодаря своим особенностям не вступать в реакции с химическими элементами и не подвергаться разрушению (табл. 2).

Геокомпозит KGS – помимо гидроизолирующих свойств материал обладает высокими прочностными характеристиками и подходит для применения в качестве армирующей и разделительной прослойки (табл. 3).

Таблица 2

Сравнительный анализ физико-механических свойств геотекстиля «Дорнит»

Показатели «Дорнит ЭКО»	400	450	500	550	600
1	2	3	4	5	6
Плотность, г/м ² ГОСТ Р 50277–92	355	396	440	484	530
Толщина при нагрузке 2 кПа, мм ± 15 % ГОСТ Р 50276-92	2,4	2,6	2,8	3	3
Прочность при растяжении, кН/м по длине/по ширине ГОСТ 15902.3–2003 Н	9,0 / 450	9,5 / 475	10,0 / 500	10,5 / 525	11 / 550
Удлинение при разрыве по длине/ по ширине, % ГОСТ 15902.3–2003	50 / 80	50 / 80	50 / 80	50 / 80	50 / 80
Коэффициент фильтрации при давлении 2 кПа, м/сут ГОСТ Р 52608–2006	не менее 130	не менее 130	не менее 130	не менее 130	не ме- нее 130
Морозостойкость, град	– 60	– 60	– 60	– 60	– 60

Технические характеристики модификаций геокомпозита KGS

Геокомпозит KGS СТ 1064-1907-09-ТОО-01-2017						
Характеристика	Геотекстиль-геомембрана			Геотекстиль-геомембрана-геотекстиль		
	ГКО-200/0,2	ГКО-300/0,2	ГКО-300/0,3	ГКО-200/0,2/200	ГКО-200/0,3/200	ГКО-300/0,3/300
Поверхностная плотность, г/м ² , ± 15 %	360	450	540	540	630	860
Толщина геомембраны, мм	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,3
Плотность текстиля, г/м ²	200	300	300	200	200	300
Прочность при растяжении (разрыве), кН/м, по длине/ ширине	8	11	12	14	16	21
Относительное удлинение при разрыве, % по длине/ ширине	50 / 150					

Уникальные физико-механические характеристики геотекстиля «Дорнит» делают его идеальным материалом для применения в дорожных работах в качестве разделительного слоя, а также при укреплении откосов и склонов для защиты от атмосферных осадков, вызывающих поверхностные карстовые процессы и грунтовую эрозию. Выдерживает большие динамические и статические нагрузки.

Геосинтетика прекрасно справляется с задачей увеличения срока службы железнодорожного пути. Рассмотренные виды геосинтетиков, их физико-механические и технические характеристики доказывают преимущество применения данных материалов при строительстве, реконструкции железных дорог. Многочисленная номенклатура синтетических и композитных материалов обеспечит высокий уровень конструктивных решений и приведёт к существенному снижению использования природных ресурсов, что в свою очередь, скажется на экологичности строительства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 ГОСТ Р 53225-2008. Национальный Стандарт Российской Федерации. Материалы геотекстильные. – 2010.
- 2 Гаев Д. А., Гавриш В. В. Современные геосинтетические материалы и области их применения в строительстве // В сборнике: Будущее науки – 2013 материалы Международной молодежной научной конференции. Ответственный редактор: Горохов А.А.. 2013. С. 131 –139.
- 3 Геосинтетические материалы [Электронный ресурс]. Систем. требования: Internet Explorer URL: http://www.areangeo.ru/m/20/geosinteticheskie_materialy.html.
- 4 Геосинтетические материалы в строительстве железных дорог [Электронный ресурс]. <https://meaplast.ru/geosinteticheskie-materialy-v-stroitelstve-zheleznyh-dorozhny/>
- 5 Нестерова Т.Н. Применение геотекстилей и геопластиков для укрепления грунтов (Франция) // Трансп. стр-во за рубежом: Экспресс-информ. / ВПТИтранспстрой. – 1987. – Вып. 5. – С. 8 – 9.
- 6 ОДМ 218.2.046–2014. Рекомендации по выбору и контролю качества геосинтетических материалов, применяемых в дорожном строительстве.
- 7 Черкезов А.С. Применение растягивающихся георешеток Geoweb для укрепления дорожного основания. // Трансп. стр-во за рубежом: Экспресс-информ. / ВПТИтранспстрой. –1987. – Вып. 2. – С. 8.
- 8 Геосинтетические материалы в строительстве железных дорог [Электронный ресурс]. <https://meaplast.ru/geosinteticheskie-materialy-v-stroitelstve-zheleznyh-dorozhny/>

ВЛИЯНИЕ ПРОПИТКИ РАСТВОРОМ ОРТОФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АЛЮМОСИЛИКАТНЫХ ОГНЕУПОРОВ

Д. В. Сергеев¹, С. В. Соколова²

Введение. На сегодняшний день в промышленной среде существуют и подлежат эксплуатации агрегаты теплового производства, которые работают при экстремально-высоких температурах, что и является агрессивной средой, при которой возникают механические и физические деформации огнеупорных материалов под большими напряжениями [1, 2]. Из чего создаются нарушения работоспособности конструкции и огнеупора, являющегося ее внутренней и внешней футеровкой. Исходя из этого, приходится прибегнуть к вынужденному ремонту, который, в свою очередь, требует больших экономических затрат. [3, 4]. Таким образом, чтобы выход из строя конструкции сузился до минимальных значений, следует обеспечить изготовление жаростойких огнеупоров со специальной обработкой [5, 6].

Основная часть.

На основе таких огнеупоров и пористой глины (пеношамота) ортофосфорной кислоты, производились испытания, в ходе которых образцы 50×50×50 мм были выпилены из шамотных плит класса ШБ (ГОСТ 380–96) и пеношамота. Маркировка пеношамота - 600. Образцы были пропитаны в естественных условиях ортофосфорной кислотой 70 %-го раствора. На протяжении 24 часов образцы были пропитаны в стеклянных сосудах. В течение 15 минут они находились на воздухе при температурах 200; 500; 800; 1000; 1200 и 1500 °С с выдержкой при максимальной температуре 2 часов. Затем, после каждого нагрева, определялась средняя плотность образца и предел его прочности при сжатии.

Таблица

Влияние обработки ортофосфорной кислотой, а также последующего нагрева алюмосиликатных огнеупоров на их физико-механические свойства

Тип огнеупора	Средняя плотность, г/см ³ и предел прочности при сжатии, МПа образцов огнеупоров после обработки и нагрева до температуры, °С.					
	200	500	800	1000	1200	1500
Шамот ШБ, непропитанный ортофосфорной кислотой	1,88; 3,8	1,96; 9,12	1,98; 9,31	2,03; 9,53	2,05; 9,73	Образцы деформировались
Шамот ШБ, пропитанный ортофосфорной кислотой	2,12; 45,5	2,18; 42,91	2,19; 38,72	2,08; 36,9	2,08; 39,6	2,05; 41,3
Пеношамот, непропитанный ортофосфорной кислотой	0,595; 2,42	0,582; 2,39	0,556; 2,8	0,576; 2,18	0,572; 2,16	-
Пеношамот, пропитанный ортофосфорной кислотой	0,634; 2,59	0,634; 2,8	0,625; 2,99	0,618; 2,34	0,619; 2,33	0,616; 2,27

Чтобы результаты имели подтверждение, мы провели электронно-микроскопический анализ микроструктуры образцов, часть из которых была термообработана при 1500°С, а другая часть - пропитана 70 %-ной ортофосфорной кислотой. В результате испытания выявлен рост кристаллической составляющей, к которому относятся муллит и кварц (рис.).

¹ Сергеев Дмитрий – студент группы СЖД -04, факультет АИТС

² Соколова Светлана Владимировна – к.т.н., доцент кафедры «Строительство»

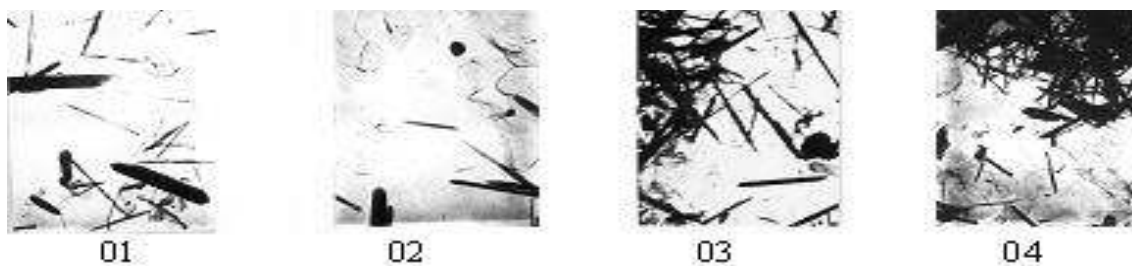


Рис. Микроструктура шамота, обожженного при температуре 1500 °С.
01;02 – сухой шамот; 03;04 – обработанный 70 %-ной ортофосфорной кислотой

На снимках можно заметить изменения кристаллической составляющей, которые характерны для образца, пропитанного раствором ортофосфорной кислоты.

Заключение.

С помощью результатов исследования, приведенных в таблице, выявлено следующее: ортофосфорная кислота положительно влияет на термохимические свойства твердого и плотного шамота, что увеличивает срок службы огнеупорных материалов, служащих для футеровки конструкции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Некрасов К.Д.: Жароупорный бетон. М., Стройиздат, 1957. 283 с.
- 2 Будников П.П., Хорошавин Л.Б.: Огнеупорные бетоны на фосфатных связках. М. : Металлургия, 1971. 191 с.
- 3 Хлыстов А.И., Чемоданов А.Ю., Соколова С.В., Божко А.В. Ремонт футеровки керамзитобжигательной вращающейся печи / Исследования в области архитектуры, строительства и охраны окружающей среды. - Тезисы докладов областной 58-й научно-технической конференции. Самарская государственная архитектурно-строительная академия. 2001. С. 64-65.
- 4 Соколова С.В., Хлыстов А.И. Структурная модификация огнеупоров – основа ремонта футеровок тепловых агрегатов / Современные представления об инвестиционных процессах и новые строительные технологии. Труды секции "Строительство" Российской инженерной академии. - Москва, 2004. С. 179-184.
- 5 Хлыстов А. И. Повышение эффективности и улучшение качества огнеупорных футеровочных материалов. - Монография. - Самара: 2004. -134 с.
- 6 Соколова С.В. Определение удельного электросопротивления жаростойких композитов с целью повышения их долговечности путем структурно-химической модификации растворами фосфатов / Строительный вестник Российской инженерной академии. Труды секции "Строительство" Российской инженерной академии - Москва, 2007. С. 73-75.
- 7 Соколова С.В. Структурно-химическая модификация жаростойких композитов с целью повышения их физико-механических характеристик: монография. - М-во трансп. РФ, ФАЖТ, Самара: СамГУПС, 2016. -139с
- 8 Хлыстов А.И., Баранова М.Н., Соколова С.В., Власов А.В. // Высокоглиноземистое шламоподобное сырье – современный комплексный модификатор жаростойких вяжущих на их основе. - Огнеупоры и техническая керамика. 2018. № 7-8. С. 17-24.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА

Д. Д. Судакова¹, А. С. Баранов²

Введение. В современном строительстве все большее внимание уделяется применению изделий с повышенными теплофизическими, прочностными и деформативными характеристиками. Совершенствование существующих и разработка новых технологических приемов способствует получению таких изделий. Прежде всего, технологические приемы направлены на повышение прочностных характеристик бетона и изделий из него. Прочность – это техническая характеристика, которая показывает способность противостоять разным видам воздействия, по большей части механическому.

¹ Судакова Дарья Дмитриевна – студент группы СЖД-91, факультет АИТС

² Баранов Александр Сергеевич – к.т.н., доцент кафедры «Строительство»

Продолжительность, температура и режим твердения оказывают наибольшее влияние на прочность бетона.

Рассмотрим наиболее распространенные технологические приемы.

Способ «Электропрогрев бетона проводами».

Данная технология ускоряет гидратацию цемента. Способ заключается в применении ПНСВ (Провод Нагревательный Стальной Виноловая оболочка) и понижающего трансформатора, в роли которого можно использовать сварочный аппарат.

Петли из ПНСВ укладывают перед заливкой внутри каркаса из арматуры, которые будут нагреваться понижающим трансформатором. Петля целиком может, выйти из строя если будет повреждена изоляция, вследствие чего возникнет короткое замыкание через землю.

Достоинства: простота и легкость, а также общедоступность способа.

Недостатки: неудобства прокладки кабеля (укладки петель).

Способ «Электропрогрев бетона электродами».

Технология простая и очень схожа с электропрогревом бетона проводами. Отличие в том, что в данном методе нагревательный элемент это арматура и/или катанка (8-10 мм). При возведении вертикальных бетоноконструкций с применением вертикальной опалубки удобна именно эта технология.

После заливки бетона, на расстоянии 0,6-1 м между прутками, вставляют электроды. Интервалы зависят от температуры, чем ниже, тем меньше расстояние. В данном методе происходит нагрев не электродов, а жидкости между ними по принципу кипятильника из двух лезвий.

Один электрод потребляет 45-50А - это говорит о высокой энергозатратности и является недостатком данного способа.

Способ «Электропрогрев опалубки бетона».

В данном способе установка нагревательных элементов происходит в щиты опалубки.

В данном способе достоинствами являются:

- простота замены греющих элементов практически в любой момент;
- опалубка может быть практически не ограниченной высоты;
- возможность применения метода до -25С.

недостатками являются высокая стоимость, а также работа с малыми и нестандартными конструкциями[1].

Вывод: все 3 способа помогают затвердеванию раствора, в котором вода может замёрзнуть, и он не наберёт технологической прочности. Даже если этого не произойдёт, то эти способы уменьшают время работы, так как скорость высыхания состава будет быстрее.

Виброперемешивание.

Виброперемешивание повышает прочность бетона на ранних сроках твердения (1-3 суток и 3-9 часов пропаривания) на 20-30 %. Повышение прочность на 20-40 % можно добиться повторным вибрированием смеси.

Достоинствами являются: простота конструкции, обеспечивают удовлетворительное перемешивание в работе с вязкими жидкостями, применяются в аппаратах большего объема.

Недостатки: бетон плохо перемешивается, данный способ не стоит использовать для взмучивания тяжелых смесей и для работы с расслаивающимися жидкостями.

По данной технологии не удастся получить изделие, отвечающее требованиям высокой прочности и долговечности [2-3].

Уплотнение прессованием.

Данный способ применяется при формовке по невысоким моделям, которые не имеют выступающих частей. Используют такие способы прессования как верхнее и нижнее[4].

Продолжительность прессования и величина опрессовочного давления влияет на прочность уплотнения бетона. Увеличение оборачиваемости опалубки достигается, при кратковременном прессовании, а при увеличении времени прессования (то есть при продолжительном) повышается прочность.

Есть 2 вида прессования: кратковременное прессование и длительное прессование (твердение под давлением). Работами отечественных ученых установлено, что прессование свыше

двух часов не дает ожидаемого эффекта [5]. При твердении более 7 ч (рис.) можно констатировать не только не увеличение прочности, а наоборот, некоторое ее снижение. При кратковременном прессовании существует технологический фактор, не позволяющий применять данную технологию, особенно при высокой интенсивности прессования (гиперпрессование) [6]. В момент снятия давления, происходит деформация распрессовки (обратная деформация). Что приводит к снижению физико-механических свойств бетона и изделий из него.

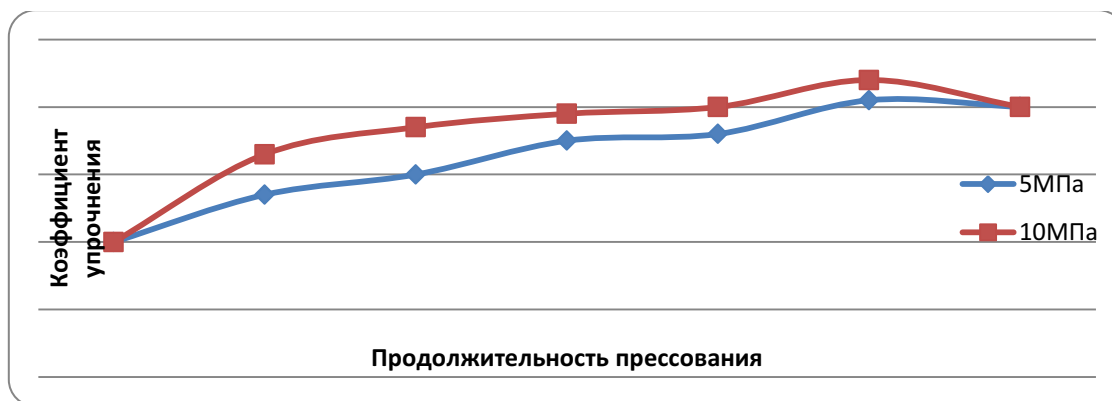


Рис. Изменение коэффициента упрочнения в зависимости от продолжительности прессования: при величине опрессовочного давления

Как показал опыт, уплотнение бетона прессованием позволяет получать материалы прочностью в суточном возрасте до 35 МПа, а в 28-суточном — более 50 МПа.

Достоинства: получение изделия высокого качества, требуемой геометрии, с высокими показателями прочности, улучшение капиллярно-порового пространства и, следовательно, долговечности.

Недостатки: цикличность процесса; затруднение изъятия воздуха из смеси; повышенный износ рабочих органов; слишком громкий процесс [5-6].

Штыкование.

Простой способ уплотнения не требующий особых инструментов. Выполняется с помощью длинного и тонкого штыря. Инструмент медленно погружают в бетон, раскачивая из стороны в сторону, и вытаскивают аналогичным способом. Смесь нужно пробивать штыком на всю толщину. Воздух и вода поднимаются вверх при извлечении инструмента.

В большинстве случаев штыкование применяется для уплотнения маленьких объемов, так как процесс требует большой затраты труда и имеет низкую производительность. Большой объем смеси можно обработать данным методом, только если нужно уплотнить тонкостенные конструкции. Наибольшая эффективность от штыкования будет при уплотнении смесей с высокой подвижностью.

Трамбование.

Трамбование применяется только при обработке жестких смесей, которыми заливаются малоармированные конструкции. Ручное трамбование является очень трудоемкой операцией [7].

Вакуумирование.

Уплотнение бетона с помощью вакуума предусматривает устранение из смеси пузырьков воздуха и избыточной воды. Установка уменьшает давление до 0,07- 0,08 МПа. Вследствие чего частицы бетона становятся ближе друг к другу, также становится меньше его пористость и в целом улучшается качество. Прочность возрастает на 15-20 %.

Вакуумированию подвергают тонкие слои бетона, которые имеют значительную поверхность. Максимальная глубина уплотнения 30 см.

Главный недостаток вакуумирования-это низкая скорость процесса. На 10 мм толщины, для качественной обработки устройству требуется 1-2 минуты. Наблюдается неравномерность уплотнения – после 120-150 мм толщины бетона, вследствие чего эффективность обработки быстро понижается. У крупных железобетонных конструкций с помощью вакуумирования получается уплотнить только поверхностный слой [8].

Заключение. Как показал проведенный обзор существующих технологических приемов, наибольшего эффекта можно достичь путем уплотнения бетона прессованием. При этом, деформации упругого последействия, возникающие в момент снятия опрессовочного давления, можно нивелировать снижением водоцементного отношения путем применения пластифицирующих добавок на основе сульфированных нафталинформальдегидных смол или на поликарбонатной основе, а также повышением начальной прочности бетона за счет введения высоко модульной базальтовой или углеродной фибры. Если влияние прессования на свойства бетона достаточно хорошо изучено, то вопросу влияния прессования на свойства фибробетонов с различными вариантами армирования должного внимания не уделялось.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Прогрев бетона нагревательным проводом ПНСВ [Электронный ресурс]: URL: <https://betonpro100.ru/tehnologii/progreiv-provodom-pnsv> (дата обращения 11.04.2022)
- 2 Способы уплотнения бетонной смеси интернет-изд. 2020.15 апр. URL: <https://salesbeton.ru/proizvodstvo-betona/sposoby-uplotneniya-betonnoj-smesi-czel-i-metody> (дата обращения 7.04.2022)
- 3 Как повысить прочность бетона [Электронный ресурс]: URL: <https://issr.ru/beton/kak-povysit-prochnost-betona.html> (дата обращения 11.04.2022)
- 4 Уплотнение прессованием [Электронный ресурс]: URL: <http://www.stroitelstvo-new.ru/liteynoe-proizvodstvo/uplotnenie-pressovaniem.shtml> (дата обращения 7.04.2022)
- 5 Сеськин, И.Е. Технологические аспекты формирования прочности и деформативности прессованного бетона / И.Е. Сеськин // Бетон и железобетон. – 2008. – № 2. – С.5-8.
- 6 Баранов, А.С. Прочность и долговечность мелкоштучных изделий из гиперпрессованного фибробетона / А. С. Баранов // Градостроительство и архитектура. – 2017. – Т. 7. – № 3(28). – С. 46-49. – DOI 10.17673/Vestnik.2017.03.8. – EDN ZXOLPB.
- 7 Методы уплотнения бетона [Электронный ресурс]: URL: <http://www.remountroom.ru/index.php/ru/pol/80-metody-uplotneniya-betona> (дата обращения 7.04.2022)
- 8 Технология вакуумирования бетона [Электронный ресурс]: URL: <https://zamesbetona.ru/betonirovanie/tehnologiya-vakuumirovaniya-betona.html> (дата обращения 7.04.2022)

ПРИМЕНЕНИЕ ДИСПЕРСНОГО АРМИРОВАНИЯ В ТРАНСПОРТНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

И. Г. Табаков¹, А. С. Баранов²

Введение. Развитие строительного материаловедения привело к совершенствованию старых и появлению новых рецептурно-технологических приемов повышения прочностных и эксплуатационных характеристик бетона и изделий из него. Основным способом повышения надежности и увеличения сроков эксплуатации железобетонных конструкций может выступать дисперсное армирование объема бетона с помощью разнообразных видов фибры. Дисперсное армирование при оптимальном проценте армирования гарантирует примерно десятикратное увеличение ударной выносливости бетона и благодаря чему, является особенно действенным приемом упрочнения бетона [2].

Применение дисперсного армирования позволяет:

- значительно повысить трещиностойкость бетона (почти в 2 раза);
- увеличить прочность бетона как на сжатие (почти в 2 раза), так и при растяжении (на 10–30 %);
- повысить ударную вязкость (в 3–5 раз);
- достичь высокого сопротивления истиранию (до 60 %) [2].

Дисперсное армирование приостанавливает формирование волосяных трещин только при расстоянии между отдельными волокнами не более 10 мм.

¹ Табаков Игорь Георгиевич – студент группы СЖД-92, факультет АИТС

² Баранов Александр Сергеевич – к.т.н., доцент кафедры «Строительство»



Рис. 1. Виды армирующих волокон

Положительное воздействие от применения дисперсного армирования отмечается и на стадии структурообразования и на стадии нагружения. При этом, положительное воздействие армирующих волокон на структуру бетона и его физико-механические характеристики предопределяется следующими факторами: перераспределением усилий при пластической усадке от более опасных зон на весь объём бетона; снижением роста трещин; снижением концентрации усилий в местах макродефектов [1].

Положительное воздействие дисперсного армирования, на стадиях структурообразования и нагружения бетона позволяет реализовываться после достижения большой концентрации фибры, обуславливающей изначальную объемно-пространственную связность фиброструктуры. Одним из наиболее важных свойств фибробетона является его трещиностойкость, то есть способность сопротивляться формированию и развитию новых трещин. Значимость этой свойств очевидна, поскольку волокна будут пересекать образующиеся при разрушении фибробетона трещины и замедлять их рост и раскрытие [3]. В настоящее время ведется строительство с применением способов и методов, при которых достигаются оптимальные технико-экономические показатели.

Основная цель этих методов заключается в уменьшении себестоимости строительства, а также, изменение технологии производства и экономии ресурсов.

Как показал опыт применения различных видов армирования, плотность образцов бетона с армированием базальтовой, металлической и полипропиленовой фибры (рис. 2) повышается, по сравнению с исходным неармированным бетоном. В свою очередь, это приводит к руту прочности предела прочности бетона при сжатии. Результаты испытаний фибробетона показали, что наибольший эффект достигается при введении в состав металлической фибры [4].

Показатель	Базальтовая фибра	Полипропиленовая фибра	Стекловолоконная фибра	Стальная (металлическая) фибра
Материал	Базальтовое волокно	Полипропилен	Стекловолокно	Проволока из углеродистой стали
Прочность на растяжение, МПа	3500	150-600	1500-3500	600-1500
Диаметр волокна	13 - 17 мкм	10 - 25 мкм	13 - 15 мкм	0,5 - 1,2 мм
Длина волокна	3,2 - 15,7 мм	6 - 18 мм	4,5 - 18 мм	30 - 50 мм
Модуль упругости ГПа	Не менее 75	35	75	190
Коэффициент удлинения, %	3,2	20 - 150	4,5	3 - 4
Температура плавления	1450	160	850	1550
Стойкость к щелочам и коррозии	Высокая	Высокая	Только у щелочестойкого волокна	Низкая
Плотность, г/см ³	2,6	0,91	2,6	7,8

Рис. 2. Физико-механические характеристики разных видов армирования

По статистике экономия средств достигает 15 %, а трудоемкость возведения конструкций снижается на четверть.

У различных видов армирования есть свои достоинства и недостатки. Так, и стальная, и стеклянная, и базальтовая фибра обладает высокой коррозионной стойкостью. При этом, по проведенному сравнительному анализу можно сделать выводы, что при использовании стальной фибры существует возможность возникновения коррозии в процессе хранения, транспортировки и эксплуатации бетона.

Стеклофиброволокно и базальтовое волокно, в отличие от сталефибробетона, практически не подвергается коррозии. Однако, при применении данного вида армирующих волокон происходят процессы в результате химических реакций при твердении цементных бетонов [6].

Фибробетон увеличивает прочность, трещиностойкость и долговечность конструкции, а также уменьшает пористость материала. Позволяет снизить трудо- и энергозатраты на строительство сооружений. Сокращает стоимость работ и продолжительность строительства. К тому же применение дисперсного армирования способствует значительному повышению прочности бетона на ранней стадии. Отечественными учеными установлено, что фибровые волокна при введении их в бетонную смесь будут являться некоторой «подложкой», на границе которой опережающими темпами происходит процесс образования новых структур. Прежде всего, это следует связывать с вступлением в реакцию растворной части и фибры. При этом поверхность фибры частично разрушается, но в итоге способствует образованию некоторого скелета при твердении бетона (рис. 3).

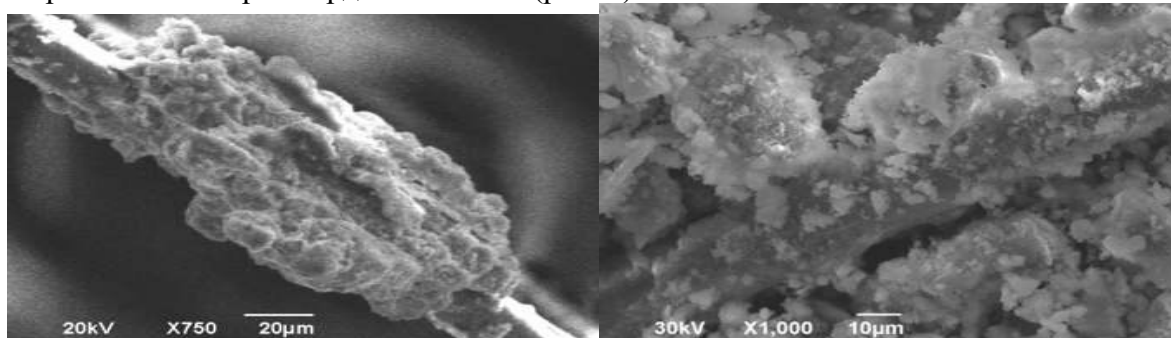


Рис. 3. Новообразование на поверхности базальтового волокна

Особенно важен тот факт, что применение дисперсного армирования может быть обусловлено восприятием растягивающих напряжений при нормальной ориентации фибры к этим напряжениям. Как известно, при прессовании бетона, особенно при высокой интенсивности, может наблюдаться некоторое снижение прочности при растяжении бетона из-за деформации упругого последствия (рис. 4) [8].

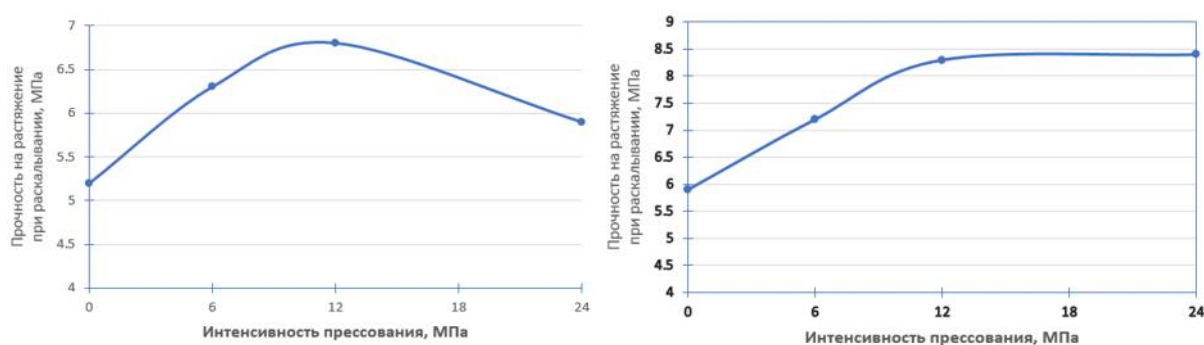


Рис. 4. Влияние упругого последствия на прочность на растяжение при раскалывании гиперпрессованного обычного и дисперсно-армированного бетона [8]

Введение в прессованный бетон базальтовых волокон способствует значительному повышению прочности бетона при растяжении. Наибольшая эффективность от совместной работы наблюдается на ранней стадии (при давлении прессования до 12 МПа), прирост прочности составляет порядка 20-60 процентов в зависимости от условия уплотнения и дозировки волокон.

По разным источникам оптимальным содержанием фибры считается расход от 1 до 4 % по массе цемента. Дальнейшее увеличение расхода приводит к снижению прочности, связанное с переармированием бетона [8].

Выводы: несмотря на преимущества применения дисперсного армирования при производстве бетонных изделий, остается большое количество нерешенных вопросов. Основными из которых являются: вопросы по равномерному распределению фибры по объему и ее тщательному перемешиванию, вопрос подачи ее при смешивании с бетонной смесью, хрупкость и разрушение фибры, их совместная работа с модификаторами бетона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Влияние дисперсного армирования на деформативно - прочностные свойства бетона [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-dispersnogo-armirovaniya-na-deformatsionno-prochnostnye-svoystva-betona> (дата обращения 11.04.2022).
- 2 Дисперсное армирование [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ngpedia.ru/id97579p1.html> (дата обращения 11.04.2022).
- 3 Трещиностойкость фиброцемента армированного стальной проволочной фиброй [Электронный ресурс]: URL: <https://moluch.ru/archive/296/67181/> (дата обращения 11.04.2022)
- 4 Влияние различных видов фибры на физико-механические свойства центрифугированного бетона [Электронный ресурс]: URL: <https://esj.today/PDF/14SAVN618.pdf> (дата обращения 11.04.2022).
- 5 Производство стальной (металлической) фибры [Электронный ресурс]: URL: <https://www.referat911.ru/Stroitelstvo/proizvodstvo-stalnoj-metallicheskoj-fibry/583233-3426553-place2.html> (дата обращения 11.04.2022).
- 6 Анализ свойств различных видов фибробетонов [Электронный ресурс]: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-svoystv-razlichnyh-vidov-fibrobetonov> (дата обращения 11.04.2022).
- 7 Прочность пресованного фибробетона [Электронный ресурс]: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/prochnost-pessovannogo-fibrobetona> (дата обращения 11.04.2022).
- 8 Баранов, А. С. Прочность и долговечность мелкостручных изделий из гиперпресованного фибробетона / А. С. Баранов // Градостроительство и архитектура. 2017. Т. 7. № 3(28). С. 46-49. DOI 10.17673/Vestnik.2017.03.8.

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ В ДИНАМИЧЕСКИХ ИНЖЕНЕРНЫХ РАСЧЁТАХ

И. С. Филиппов¹, П. В. Вершинин²

Расчёт конструкций на динамические воздействия.

Введение. Динамические нагрузки на сооружение характеризуются настолько быстрым изменением во времени их величины, направления или места приложения, что вызывают колебания сооружения, которые необходимо учитывать при его расчёте. Совпадение частоты собственных колебаний системы с частотой вынужденных колебаний приводит к резонансу, последствием чего становится разрушение здания или сооружения. Именно поэтому расчёт на динамические нагрузки является одним из самых важных в проектировании.

Цели динамического расчёта.

- определить частоту собственных колебаний сооружений и сравнить их с частотой вынужденных колебаний системы;
- определить максимальные усилия (напряжения), возникающие в элементах зданий и сооружений в процессе колебаний и сравнить их с предельно допустимыми величинами, по условиям прочности, устойчивости, выносливости;
- определить динамические перемещения и сравнить их с предельно допустимыми значениями, установленной нормативной документацией.

Рассмотрим основные этапы реализации расчёта зданий и сооружений на воздействие сейсмических нагрузок в программном комплексе Sofistik,

¹ Филиппов Иван Сергеевич – студент группы СЖД-83, факультет АИТС

² Вершинин Петр Васильевич – к.т.н., доцент кафедры «Строительство»

Линейно-спектральный анализ.

Выполнение сейсмических расчётов на базе линейно-спектральной теории регламентируется СП «Строительство в сейсмических районах».

Методика ввода задач по сейсмическим нагрузкам имеет два направления:

1. Задача всех необходимых условий и величин нагрузки на языке cadinp в текстовом редактором Teddy.

2. Использование диалогового окна earthquake (землетрясения).

Диалоговая задача «Сейсмический расчёт»

Вкладка «Собственные значения». Определяет количество форм собственных колебаний, метод определения собственных значений и выбирается решатель систем уравнений. Настройки по умолчанию обычно достаточны для ряда проектов.

Вкладка «Демпфирование». На этой вкладке задаётся коэффициент демпфирования. Обычно достаточно модального демпфирования. Для обычных зданий значения демпфирования обычно составляют от 3 % до 5 %.

Вкладка «Дополнительные массы». Здесь можно определить дополнительные массы. При расчёте сеймики необходимо правильно собрать массы не только от несущей конструкции и собственного веса сооружения, но и от ограждающих систем (внутренние перегородки, вес кровли, полы и т.д.), создаваемая в виде распределенного воздействия, так как принятие к расчёту лишь несущих элементов конструкции может привести к занижению собственных частот, что существенно сказывается на правильность выполнения дальнейших расчётов. Собственный вес конструкции будет учитываться автоматически. Кроме того, можно преобразовать загрузки в массы. В настройках, по умолчанию все коэффициенты загрузок будут преобразованы в массы со значением 100 %. Также доступны специальные настройки процента и направления для преобразования загрузок в массы.

Вкладка «Направление воздействия». Определение направлений воздействий (либо по горизонтальному направлению, либо по горизонтальному и вертикальному). В большинстве случаев достаточным является расчет только по горизонтальному направлению.

Также можно назначить два варианта приложения спектра: или спектр реакции един по всем направлениям или же для каждого направления X, Y, Z он свой.

Вкладка «Спектр реакций». Настраивается вид спектра выбором соответствующего норматива для расчёта. Определяются спектры отклика, в соответствии с классом грунта и сейсмическим районом. Доступен графический элемент управления для прямого ввода.

Вкладка «Результаты». Определяются квадратичные сочетания всех форм колебаний по каждому направлению и записывается конкретное нагружение к искомым значениям реакции конструкции.

После ввода всех необходимых для расчёта параметров, запускается анализ.

Данный метод реализован в большинстве расчётных программах, но в некоторых из них расчёт выполняется без учёта грунта, который необходимо моделировать отдельно.

Прямая динамическая задача.

Прямой динамический метод расчёта - метод численного интегрирования уравнений движения, применяемый для анализа вынужденных колебаний конструкции при сейсмическом воздействии, заданном акселерограммами землетрясений.

Решение задачи выполняется путем описания функций изменения внешнего воздействия по времени (сейсмограммами и акселерограммами). Сейсмическая нагрузка задаётся с учетом времени её воздействия. Результатом расчёта задачи прямым динамическим методом являются напряжения, деформации, перемещения в конструкции в любой момент времени.

Заключение.

Применение современных программных комплексов в динамических расчётах существенно сократило время анализа воздействия нагрузок на рассчитываемую конструкцию, повысив производительность инженеров и уменьшило влияние человеческого фактора на правильность выполняемого расчёта, тем самым повысив прочность, долговечность и безопасность возводимых зданий и сооружений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Ярошутин Д.А. Расчет транспортных сооружений в SOFiSTiK. Часть 1. Организация проекта SOFiSTiK Structural Desktop (SSD) // учебное пособие для студентов специальности «Мосты и транспортные тоннели». СПб, 2011.
- 2 СП 14.13330.2014 «Строительство в сейсмических районах» (актуализированный СНиП II-7-81*).
- 3 Теория сейсмостойкости : курс лекций / С.Б. Сеницын ; М-во образования и науки Росс. Федерации, Моск. гос. строит. ун-т. Москва : МГСУ, 2014. 88 с.
- 4 Kurbatsky E. N., & Mondrus V. L. Динамические коэффициенты или спектры реакций (ответов) сооружений на сейсмические воздействия? // *Academia. Архитектура и строительство*. 2019. № 1. 107–114.
- 5 СНиП 2.01.07-85. Нагрузки и воздействия: нормативно-технический материал. Москва: [б.и.], 1987. 36 с.

СЕКЦИЯ 4

Автоматизация, информатизация, телекоммуникации и энергосбережение на железнодорожном транспорте

АЛГЕБРАИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЛИНЕЙНОГО КОДИРОВАНИЯ

Т. А. Белякова¹, А. В. Гущин²

Введение. С развитием вычислительных ресурсов возрастает потребность в вычислительных алгоритмах, работающих с конечными полями. Это актуально в компьютерных науках, связанных с вопросами шифрования и линейного кодирования. В настоящее время теория кодирования трактуется в более широком контексте теории многочленов над конечными полями. Конечные поля обладают такими свойствами, которые присущи далеко не всем алгебраическим объектам. Учитывая эти особенности, рассматриваемый в работе алгоритм производит разложения многочленов на множители как над большими, так и над малыми конечными полями. Особенность алгоритма при выправлении кода – он создан на языке серверной части web-приложения и решает уравнения большой размерности в двоичном поле. Подразумевается использование алгоритма в распределенных серверных системах.

Цель работы – разработка алгоритма, увеличивающего число исправляемых ошибок без увеличения размерности матрицы кодов.

Решалась задача модернизации полиномиального алгоритма решения ошибок посредством ввода линейных уравнений над конечным полем для комбинированного подбора проверочного результата.

Основные этапы и результаты работы: интерфейс установки параметров кодирования и проверки. Программа проверки кодов с диалогом просмотра и параметрической коррекцией хода решения.

Основная часть. Рассмотрим циклический код в кольце многочленов по восстановлению до двух разрядов принятых кодов. Для примера использовалось конечное поле размерности 2^4 с последующей редукцией хода решения в двоичную форму. Пусть элемент $\alpha \in \mathbb{F}_{16}$ – корень многочлена $x^4 + x + 1 \in \mathbb{F}_2[x]$. Тогда минимальными многочленами элементов α и α^3 над полем \mathbb{F}_2 являются соответственно $m^{(1)}(x) = x^4 + x + 1$ и $m^{(3)}(x) = x^4 + x^3 + x^2 + x + 1$. Оба многочлена $m^{(1)}(x)$ и $m^{(3)}(x)$ суть делители многочлена $x^{15} - 1$. Теперь можно определить бинарный циклический код C с порождающим многочленом $g = m^{(1)}m^{(3)}$. Так как g делит многочлен $f \in \mathbb{F}_2[x]/(x^{15} - 1)$ тогда и только тогда, когда $f(\alpha) = f(\alpha^3) = 0$, то матрицу H кодов представим в виде

$$H = \begin{pmatrix} 1 & \alpha & \alpha^2 & \dots & \alpha^{14} \\ 1 & \alpha^3 & \alpha^6 & \dots & \alpha^{42} \end{pmatrix}$$

Пусть

$$S_1 = \sum_{i=0}^{14} v_i a^i, S_3 = \sum_{i=0}^{14} v_i a^{3i}$$

¹ Белякова Татьяна Александровна – студент группы ИВТб-81, институт АИТС

² Гущин Андрей Викторович – к.т.н., доцент кафедры «МАУТ»

– компоненты синдрома $S(v) = Hv^T$. Тогда $v \in C$ в том и только том случае, когда $S(v) = Hv^T = 0$ [1]. В свою очередь это соотношение равносильно тому, что $S_1 = S_3 = 0$. Если элементы поля F_{16} представить в двоичной векторной записи, т.е. вместо элемента α^k поместить соответствующий вектор-столбец, то указанная выше матрица H принимает вид

$$H = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

При этом столбцы матрицы H определялись следующим образом: первые 4 координаты 1-го столбца являются коэффициентами в записи элемента 1 в виде $1 = 1 \cdot \alpha^0 + 0 \cdot \alpha^1 + 0 \cdot \alpha^2 + 0 \cdot \alpha^3$, первые 4 координаты 2-го столбца являются коэффициентами в записи элемента α в виде $\alpha = 0 \cdot \alpha^0 + 1 \cdot \alpha^1 + 0 \cdot \alpha^2 + 0 \cdot \alpha^3$ и т.д. Последние 4 координаты 1-го столбца являются коэффициентами в записи элемента 1 в виде $1 = 1 \cdot \alpha^0 + 0 \cdot \alpha^1 + 0 \cdot \alpha^2 + 0 \cdot \alpha^3$, последние 4 координаты 2-го столбца являются коэффициентами в записи элемента α^3 в виде $\alpha^3 = 0 \cdot \alpha^0 + 1 \cdot \alpha^1 + 0 \cdot \alpha^2 + 1 \cdot \alpha^3$ и т.д. Для вычисления используется соотношение $\alpha^4 + \alpha + 1 = 0$.

Модификация решения состоит в том, решается фундаментальная система решений (ФСР) для H над двоичным полем [2]. Это позволяет заменить ряд полиномиальных проверок простым перебором проверки решений по ФСР следующим алгоритмом

```
function SlayBase_Gaus ($matr,$_col) {
// Параметры:
// $matr – матрица кодов
// $_col – проверочный разряд уравнения
$_row = count($matr_sours);
    $_col = count($matr_sours[0]);
    // Диагонализируем основную матрицу
    $bin_m = array();
    for ($i=0;$i<$_row;$i++) {
        $s_ = "";
        for ($j=0;$j<$_col;$j++) {
            $s_ .= $matr_sours[$i][$j];
        }
        $bin_m[] = $s_;
    }
    // Диагонализируем результат
    $this->diagnmatrix ($bin_m, $_row, $_col);
    // Готовим диагонализацию исходной матрицы к выводу
    $m_sours_diag_out = array();
    for ($i=0;$i<$_row;$i++) {
        for ($j=0;$j<$_col;$j++) {
            $m_sours_diag_out[$i][$j] = $bin_m[$i][$j];
        }
    }
}
}
```

Допустим, что полученный вектор $v=(v_0, \dots, v_{14})$ содержит не более двух ошибок[3]. Например, $e(x) = x^{a_1} + x^{a_2}$, где $0 \leq a_1, a_2 \leq 14, a_1 \neq a_2$. Тогда $S_1 = \alpha^{a_1} + \alpha^{a_2}, S_3 = \alpha^{3a_1} + \alpha^{3a_2}$. Пусть $\boxplus_1 = \alpha^{a_1}, \boxplus_2 = \alpha^{a_2}$ – локаторы ошибок, значит,

$$S_1 = \mathbb{Q}_1 + \mathbb{Q}_2, S_3 = \mathbb{Q}_1^3 + \mathbb{Q}_2^3,$$

поэтому

$$S_3 = S_1^3 + S_1^2 \mathbb{Q}_1 + S_1 \mathbb{Q}_1^2,$$

и следовательно

$$1 + S_1 \mathbb{Q}_1^{-1} + (S_1^2 + S_3 S_1^{-1}) \mathbb{Q}_1^{-2} = 0.$$

Если имеется 2 ошибки, то \mathbb{Q}_1^{-1} и \mathbb{Q}_1^{-2} являются корнями многочлена

$$s(x) = 1 + S_1 x + (S_1^2 + S_3 S_1^{-1}) x^2. \quad (1)$$

Если имеется только одна ошибка, то $S_1 = \mathbb{Q}_1, S_3 = \mathbb{Q}_1^3$, а следовательно, $S_1^3 + S_3 = 0$, и тогда

$$s(x) = 1 + S_1 x. \quad (2)$$

Если ошибок нет, то $S_1 - S_3 = 0$, и получено правильное кодовое слово w .

Итак, в начале вычисляем синдром $S(v) = Hv^T$ для полученного вектора v , затем найдем $s(x)$ и, наконец, с помощью корней многочлена $s(x)$ найдем ошибки. Если $S_1 \neq 0$, то многочлен, определенный формулой (2), имеет корень в поле F_{16} . Если многочлен, заданный формулой (1), не имеет корней в поле F_{16} то получаем, что вектор ошибок $e(x)$ имеет более двух ненулевых компонент и, следовательно, эти ошибки нельзя исправить с помощью данного (15,7)-кода[4]. Пусть, например, полученное слово имеет вид

$$v = 10011100000000.$$

Тогда $S(v) = \begin{pmatrix} S_1 \\ S_3 \end{pmatrix}$ задается формулами

$$S_1 = 1 + \alpha^3 + \alpha^4 + \alpha^5 = \alpha^2 + \alpha^3.$$

$$S_3 = 1 + \alpha^9 + \alpha^{12} + \alpha^{15} = 1 + \alpha^2.$$

Многочлен $s(x)$ из (1) имеет вид

$$\begin{aligned} s(x) &= 1 + (\alpha^2 + \alpha^3)x + [1 + \alpha + \alpha^2 + \alpha^3 + (1 + \alpha^2)(\alpha^2 + \alpha^3)^{-1}]x^2 = \\ &= 1 + (\alpha^2 + \alpha^3)x + (1 + \alpha + \alpha^3)x^2. \end{aligned}$$

Алгоритмическим подбором (путем решения линейного двоичного уравнения) найдем, что корни многочлена $s(x)$ равняются α и α^7 . Следовательно, $\mathbb{Q}_1^{-1} = \alpha$, $\mathbb{Q}_2^{-1} = \alpha^7$, т.е. $\mathbb{Q}_1 = \alpha^{14}$, $\mathbb{Q}_2 = \alpha^8$. Таким образом, известно, что ошибки должны находиться на местах, соответствующих x^8 и x^{14} , т.е. в 9-й и 15-й компонентах вектора v . Переданное кодовое слово должно, следовательно, иметь вид

$$w = 100111001000001.$$

Кодовое слово w декодируется путем деления соответствующего ему многочлена на порождающий многочлен $g(x)$ [5]. В результате мы получаем многочлен $1 + x^3 + x^5 + x^6$ и остаток, равный 0. Таким образом, заключаем, что переданное сообщение имело вид 1001011.

Пример работы алгоритма. Интерфейс запуска алгоритма встроен в клиентскую часть страницы <https://jr.samgups.ru/math/>. Серверная часть реализована стандартными ресурсами языка PHP без подключения специальных математических библиотек. Этапы реализации решения изображены на рисунках 1-3.

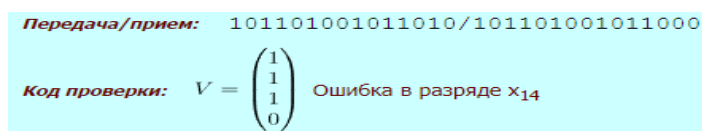


Рис. 1. Оформление вывода указателя на ошибку

```

1110000000000000 1110000000000000
1010101000000000 0110011000000000
1010001001000001 0011001000000000
1010000000000101 0001111000000000
1000011000000000 000011100010001
X̄ = 1000001010000001 000001100110000
1000000000000011 0000001100000001
0011001000000000 0000000111100000
0010001000010001 0000000011010001
001000000001001 000000000111100
0000001100000001 00000000001111

```

Проверочная ФСР

Рис. 2. Проверочная ФСР двоичной СЛАУ при тестировании решений методом Хемминга

```

Передача/прием: 101101001011010/101101001011000
Проверка: 101101001011000-0000000000000010=101101001011010
Результат: Исправлено
Классы и лидеры: (2048 x 16) cod[1372,2]
10101010000000, 101101001110000, 110011001001100, 110100110111100, 000000000101010, 000111111011010,
101010110001000, 101101001111000, 110011001000100, 110100110110100, 000000000100010, 000111111010010,
101010110100000, 101101001010000, 110011001101100, 110100110011100, 000000000001010, 000111111110101,
101010110101000, 101101001100100, 110011001100100, 110100110010100, 000000000000010, 000111111110010,
101010111000000, 101101000110000, 110011000001100, 110100111111100, 000000000110101, 000111110011010,
101010110010000, 101101000111000, 110011000000100, 110100111110100, 000000000100010, 000111110010010,
101010111100000, 101101000010000, 110011000101100, 110100111011100, 000000001001010, 000111110111010,
101010111101000, 101101000011000, 110011000100100, 110100111010100, 000000001000010, 000111110110010,
101011000000000, 101100111110000, 110010111001100, 110101000111100, 000001110101010, 000110001011010,

```

Рис. 3. Фрагмент бинарного трека поиска решения

Заключение. Произведена модернизация подбора значений указателя ошибочных рядов на алгоритм решения двоичного линейного уравнения. Для поиска корней многочлена используется, как вспомогательная алгебраическая структура, ФСР проверочной матрицы, рассчитанная над двоичным полем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Лидл Р., Нидеррайтер Г. Конечные поля: В 2-х т. Т. 1. Пер. с англ. — М.: Мир, 1988. — 430 с.
- 2 Гушин, А.В. Практические решения оптимального подбора типа пространственных моделей / А.В. Гушин, А.С. Федоров, А.В. Богатова // Вестник СамГУПС. – 2018. – № 3(41). – С. 62-66
- 3 Кузьмин И.В. Основы теории информации и кодирования. – Киев, 2007 г. – 236-237 с.
- 4 Мак-Вильямс Ф.Дж., Слоэн Н.Дж.А. Теория кодов, исправляющих ошибки: Пер. с англ. М.: Связь, 2009 г. – 744 с.
- 5 Питерсон У., Уэлдон Э. Коды, исправляющие ошибки: Пер. с англ. М.: Мир, 2007 г. – 594 с.

О ВОЗМОЖНОСТЯХ СТОХАСТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА ОПТИМИЗАЦИИ РОЕМ СВЕТЛЯЧКОВ

К. А. Бусаргина¹, В. А. Засов²

Введение. Многие процессы управления сводятся к решению задачи оптимизации. Сущность оптимизации состоит в нахождении наилучшего (из множества возможных) вариантов решений задачи при заданных условиях и ограничениях.

Задача оптимизации сводится к определению экстремума целевой функции $f(X)$, т.е.

$$f_{opt}(X) = \max_{X \in D} f(X), \text{ или } f_{opt}(X) = \min_{X \in D} f(X),$$

где X – вектор варьируемых параметров, D – область допустимых значений X .

Для решения задачи оптимизации используются детерминированные и стохастические алгоритмы.

Детерминированные алгоритмы – это алгоритмы, поведение которых полностью зависит от входных данных и каждый шаг алгоритмов заранее определен. Эти алгоритмы

¹ Бусаргина Кристина Александровна – студент группы ИВТм-11, институт АИТС

² Засов Валерий Анатольевич – к.т.н., доцент кафедры «МАУТ»

используются при наличии регулярной плавной целевой функции без разрывов и скачков.

Если целевая функция имеет разрывы, характеризуется мультимодальностью, овраженностью, недостаточным уровнем формализации (определенности) детерминированные алгоритмы оказываются неэффективными. Для нахождения экстремумов таких целевых функций хорошо подходят стохастические алгоритмы.

Стохастические алгоритмы – класс алгоритмов оптимизации, использующие случайность в процессе поиска оптимума. Стохастические алгоритмы делятся на эволюционные и алгоритмы роевого интеллекта.

К эволюционным алгоритмам относятся такие алгоритмы как генетический алгоритм, алгоритм эволюции разума, культурный алгоритм и др.

Среди алгоритмов роевого интеллекта (популяционных) наибольшей популярностью пользуются алгоритмы оптимизации роем частиц, оптимизация колонией муравьев, алгоритм роя пчел, алгоритм светлячков и др.

С помощью эволюционных концепций и поведения бионических компонентов природы было разработано множество алгоритмов оптимизации. Методы оптимизации, такие как оптимизация роем частиц и алгоритм светлячков относятся к числу последних тем исследований. Алгоритмы оптимизации такие как оптимизация роя частиц, оптимизация колонией муравьев хорошо изучены и по данным алгоритмам существует большое число публикаций, например [1, 2, 3]. Но ряд алгоритмов исследованы существенно меньше, например, по алгоритму оптимизации роем светлячков имеется сравнительно небольшое число публикаций, что сдерживает применение этого алгоритма на практике.

Целью работы является анализ и формализация алгоритма оптимизации роем светлячков.

Алгоритм оптимизации роем светлячков характеризуется поведением светлячков. Существует около двух тысяч видов светлячков, которые в процессе жизнедеятельности производят короткие и ритмичные вспышки.

Характер вспышек часто уникален для конкретного вида. Мигающий свет создается в результате процесса биолюминесценции, и истинные функции таких сигнальных систем все еще обсуждаются.

Однако две основные функции таких вспышек заключаются в привлечении партнеров для общения и привлечении потенциальной добычи, которая перемещается к источнику света.

Кроме того, мигающий свет может также служить защитным механизмом предупреждения об опасности. Ритмичность вспышек, частота мигания и количество времени являются частью сигнальной системы, применяемой для обмена информацией светлячков в рое и синхронизации действий.

В дальнейшем идеализируем некоторые характеристики мигания светлячков. Для простоты описания алгоритма введем следующие идеализированные ограничения.

Все светлячки однополюсы, так что один светлячок будет притягиваться к другим светлячкам независимо от их пола;

Привлекательность пропорциональна их яркости, таким образом, для любых двух мигающих светлячков менее яркий будет двигаться к более яркому светлячку.

Привлекательность пропорциональна яркости, и оба этих параметра уменьшаются по мере увеличения их расстояния между светлячками;

Если светлячок не видит возле себя светлячка более яркого, чем он сам, то он перемещается случайным образом.

Для задачи максимизации яркость может быть просто пропорциональна значению целевой функции. Другие формы яркости могут быть определены аналогично функции пригодности в генетических алгоритмах.

Алгоритм поиска экстремума роем светлячков.

Алгоритм поиска роем светлячков [4, 5, 6] основан на двух важных вещах: во-первых, это изменение интенсивности света, а во-вторых, формулировка привлекательности.

Для простоты предполагается, что привлекательность светлячка определяется его яркостью, которая связана с целевой функцией.

Яркость излучения светлячка f_i из популяции F , где $i = 1, \dots, N$, принимаем равной

значению функции пригодности в его текущем положении.

Привлекательность светлячка f_j для светлячка f_i полагаем равной:

$$\beta_{i,j} = \beta_0 * \exp(-\gamma * r_{i,j}^2),$$

где $i, j = \overline{1, N}, i \neq j$ в то время как $r_{i,j}$, – расстояние между светлячками f_i и f_j , β_0 – взаимная привлекательность светлячков при нулевом расстоянии между ними; γ – вещественная величина, имеющая смысл коэффициента поглощения света средой.

Взяв за основу описанные выше ограничения, основные шаги алгоритма можно формализовать следующим образом.

Шаг1: Инициализация начальной популяции светлячков x_i .

Шаг2: Определение коэффициента поглощения света γ .

Шаг3: Перемещение светлячка i в направлении j в d -измерении. Перемещение светлячка в новое положение в соответствии с механизмом, в котором обновляется положение и пригодность светлячков.

Шаг4: Определение, достиг ли номер итерации максимального значения. Если да, то вычитание заканчивается, в противном случае переходите к шагу 2.

Шаг5: Оценка новых решений и обновление интенсивности света.

В ходе проведения работы был смоделирован алгоритм поведения роя светлячков, согласно вышеописанным правилам.

Результаты моделирования представлены на рис. 1 и рис. 2

Рисунок 1 иллюстрирует перемещения светлячков по направлению к более яркой точке пространства.

На рисунке 2 отображены траектории перемещения светлячков и можно проследить, что действительно особи направляются к более ярким точкам пространства.

Если светлячок не видит вокруг себя более яркого светлячка чем он сам, то светлячок перемещается случайным образом.

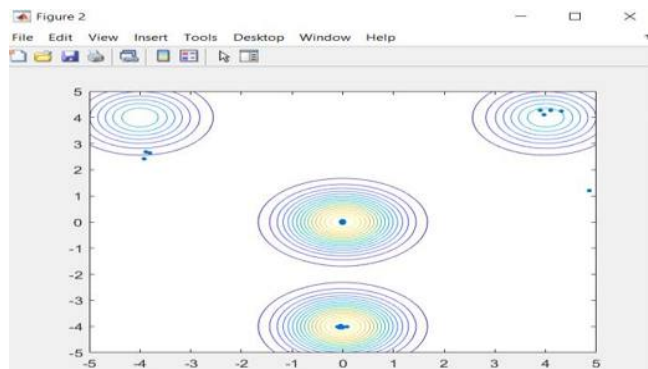


Рис. 1. Моделирование поведения роя светлячков: результаты перемещения светлячков по направлению к более яркому свету

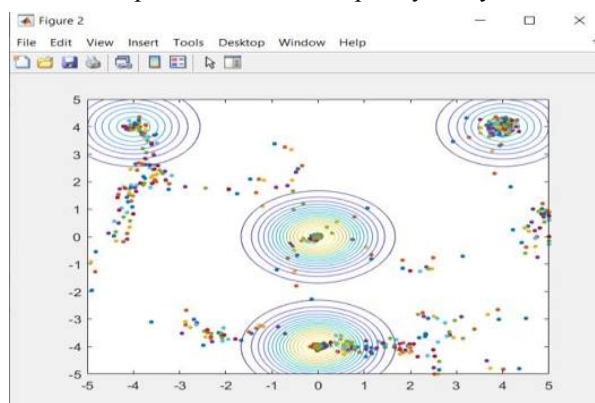


Рис. 2. Моделирование поведения роя светлячков: траектории перемещения по направлению к более яркому свету

Заключение. В работе проведен анализ и формализация алгоритма оптимизации роём светлячков.

В настоящее время исследуются возможности применения алгоритма оптимизации роём светлячков и его вариантов для решения многих задач оптимизации и классификации, а также ряда инженерных задач [4, 5, 6]. Алгоритм применяют к следующим классам задач оптимизации: непрерывная, комбинаторная, ограниченная, многоцелевая, динамическая и шумная оптимизация. Кроме того, делаются попытки использования этого алгоритма для решения задач классификации в машинном обучении, интеллектуальном анализе данных и нейронных сетях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Ахмедова, Ш.А. Об эффективности «стайного» алгоритма оптимизации. Труды XLIII Краевой научной студенческой конференции по математике и компьютерным наукам. Красноярск: СФУ, 2010. – С. 9-12.
- 2 M. Voronukhin and V. Zasov, "Investigating the Efficiency of Parallel Algorithms for Stochastic Optimization," 2019 XXI International Conference Complex Systems: Control and Modeling Problems (CSCMP), Samara, Russia, 2019, pp. 281-285 doi: 10.1109/CSCMP45713.2019.8976594.
- 3 Kaurov, A.A., Zasov, V.A., Kabizhskiy, D.S. "Efficiency Indicators of Certain Parallel Population-Based Optimization Algorithms," Lecture Notes in Networks and Systems. 2022, T. 330 LNNS, pp. 237-245.
- 4 Карпенко А.П. Популяционные алгоритмы глобальной оптимизации. Обзор новых и малоизвестных алгоритмов // Приложение к журналу «Информационные технологии». – 2012. – № 7. – С. 1-32.
- 5 Карпенко, А.: Современные алгоритмы поисковой оптимизации. Алгоритмы, вдохновленные природой. Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана 2014. – 446 с.
- 6 Yang X.-S. Firefly algorithms for multimodal optimization // Proceedings of the 5th symposium on stochastic algorithms, foundations and applications. 2009. P.169-178.

ТЕОРИЯ ЧИСЕЛ И ПРАКТИКА ГЕНЕРАЦИИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ

К. С. Губачева¹, А. В. Гущин²

Введение. Рассматриваются способы алгоритмического решения некоторых проблем линейных и квадратичных генераторов псевдослучайных чисел. Разработана программа настройки генератора с автоматической подборкой параметров для работы в распределенной системе кластера серверов. Для линейных генераторов предусмотрен мультипликативный метод функционального расширения.

Цель работы – разработка алгоритма автоматизированного подбора оптимально связанных параметров генераторов псевдослучайных чисел (ПСЧ).

Решалась задача разработки серверной части настройки и функционирования генератора чисел. Подбор параметров и выявление характера их оптимальной связи.

Основные этапы и результаты работы: интерфейс управления автоматизированной настройкой генератора; алгоритм функционирования генератора с выгрузкой чисел для статистической проверки.

Основная часть. Разработка генераторов – это одно из основных приложений теории чисел. Постоянно развиваются новые способы и принципы генерации с целью лучшего выполнения статистических требований к последовательностям чисел. Существует немало примеров желания разработчиков генераторов уйти от известной схемы конечной цепи последовательностей. Но большие последовательности нулей и единиц, или последовательности без ограничений длины, приводят к эффектам, которые могут и не соответствовать наивным представлениям о случайности. По-прежнему практический интерес представляют именно конечные случайные цепочки. В статье производится апробация способов совершенствования генератора ПСЧ на некоторых принципах автоматизированного получения исходных настроек генератора. Для этого рассмотрим некоторые условия соотношения параметров, используя теорию чисел и известный опыт программного построения генераторов.

¹ Губачева Ксения Сергеевна – студент группы ИВТб-81, институт АИТС

² Гущин Андрей Викторович – к.т.н., доцент кафедры «МАУТ»

Рассматривается задача – нахождения нужных значений параметров, которая определяет линейную конгруэнтную последовательность. Для начала нужно было выбрать числом m , m – модуль цикла цепочки. Значение m должно иметь большое значение, так как период не может иметь больше m элементов. Так же на выбор числа m влияет скорость генерирования, значение нужно взять такое, чтобы $aX_n + c \bmod m$ вычислялось быстро.

Операция под названием суммирование, обычно дается по модулю. Умножение по модулю ω , в данном случае ω – длина компьютерного слова, также выполняется довольно просто, так как затрагивает младшие разряды произведения. Представленная программа с легкостью вычисляет величину $aX_n + c \bmod \omega$. После выполнения программы может быть переполнение; если такой вариант не устраивает, то нужно использовать представление вычисления по модулю $\omega + 1$, но при условии, если $c = 0$.

Критерий Колмогорова-Смирнова предназначен для сопоставления двух распределений: эмпирического с теоретическим, например, равномерным или нормальным, или двух эмпирических.

Ограничения критерия

1. Критерий требует, чтобы выборка была достаточно большой. При сопоставлении двух эмпирических распределений необходимо, чтобы $n_{1,2} \geq 50$.

2. Разряды должны отражать какое-то однонаправленное его изменение.

Алгоритм работы с критерием:

1. На основании выборки построим вариационный ряд и найдем накопленные эмпирические относительные частоты $N_{эмп}$.

2. Вычислим накопленные теоретические относительные частоты $N_{теор}$.

3. Вычислим эмпирическое значение критерия:

$$\lambda_{эмп} = \max | N_{эмп} - N_{теор} | * \sqrt{n}$$

4. Критические значения:

$$\lambda_{кр} = \begin{cases} 1,36, \alpha = 0,05 \\ 1,63, \alpha = 0,01 \end{cases}$$

Критическая область (всегда правосторонняя на рис. 1).

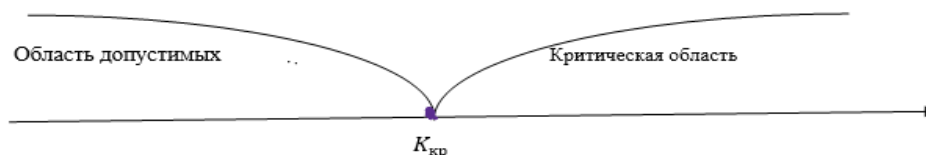


Рис. 1. Область значения

Отношения эмпирических частот равны отношению объем выборки на саму эмпирическую частоту.

Накопленные отношения эмпирические частоты вычисляются так, первая переписывается, потом добавляется каждая последующую, как указано в таблице. Частоты $f_{теор}$ находятся из знаний нулевой гипотезы, она говорит о том, что баллы примерно одинаковые, поэтому число объема выборки нужно поделить на количество рядов. Отношения теоретических частот равны отношению объем выборки на саму теоретическую частоту. Накопленные отношения теоретические частоты вычисляются так, первая переписывается, потом добавляется каждая последующую, как указано в таблице. Если всё было сделано правильно, то накопленные отношения эмпирической частоты и накопленные отношения частоты теоретической, в последней ячейке должны равняться единичке. В данном случае они равны. Разность накопленных отношений частот по модулю выявляется для того, чтоб узнать различие между распределениями.

Тест генератора. Пример испытания по критерию χ^2 -квадрат. Степеней свободы $N=99$; статистика χ^2 -квадрат распределения равна 74; но данным квантилей χ^2 -квадрат распределения определяем соответствие значения статистики интервалам уровней значимости (доверия). Попадаем в диапазон «Подозрительный» $V \in [1-5] \%$ (Таблица). Гипотеза равномерного случайного распределения числовой последовательности принимается.

Значимость отклонения критериев	
Диапазон V	Указание
0-1%, 99-100%	Отбросить
1-5%, 95-99%	Подозрительный
5-10%, 90-95%	Почти подозрительный

Пример испытания по КС-критерию. Степеней свободы $N=99$; Составляем выражение эмпирического интегрального закона распределения $F^*(x)$. Графическое изображение сравнения $F^*(n)$ и $F(n)$ приводится на рис. 2.

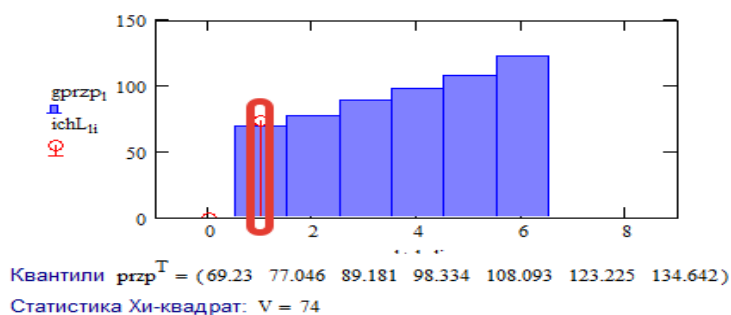


Рис. 2. Программная генерация оптимальных параметров ПСЧ; период генерации $m=47394209$ при $a=9029$

Критерий (статистика) проверки гипотезы равен 0,6. Вероятность события, что критерий больше уровня значимости α равна 0,864, что соответствует интервалу доверия в диапазоне «Почти подозрительный» $V \in [90-95]$ %. Принимается гипотеза равномерного случайного распределения числовой последовательности [2].

Пример работы алгоритма. Интерфейс запуска алгоритма встроен в клиентскую часть страницы <https://jr.samgups.ru/math/>. Серверная часть реализована стандартными ресурсами языка PHP с подключением библиотеки работы с большими числами. Этапы реализации решения изображены на рис. 3.

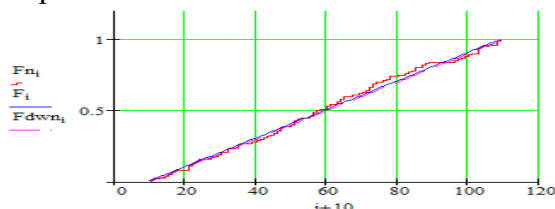


Рис. 3. Эмпирическое и эталонное распределение ПСП

В настройках генерируются рекомендации выбора основания, модуля. Выставляется тип генератора: линейный конгруэнтный, квадратичный конгруэнтный. Устанавливается опция мультипликативного расширения и случайного выбора параметров. Также задается количество значений последовательности (рис. 4). Готовая последовательность может быть выгружена во внешний файл и протестирована на статистические свойства.

Исходные данные (Генераторы ПСЧ):

Метод: Линейный конгруэнтный Квадратичный конгруэнтный

Параметры генерации:
 $X_{n+1} = (aX_n + C) \bmod m$

$x_0 = 1$ $a = 9029$ $C=0$ $m = 47394209$

• Подбор > Случайный выбор параметров

Делители q | 47394208 : 2,19
 Рекомендуется параметр "a" :
 2,3,5,7,11,13,17,19,23,29,31,37,41,43,47,53,59,61,67,71,73,79,83,89,97,101,103,107

Рис. 4. Программная генерация оптимальных параметров ПСЧ; период генерации $m=47394209$ при $a=9029$

Заключение. Полученная в результате таких операций последовательность относится к типу ПСЧ, так как полностью определяется формулой и начальным числом. Но во многих приложениях такая псевдослучайная последовательность вполне достаточна, так как выглядит «вполне» случайной. В литературе числа, сгенерированные арифметическим способом, называются псевдослучайными, а метод их генерации называют генератором псевдослучайных чисел.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Будько М.Б., Будько М.Ю., Гнрик А.В., Грозов В.А. Методы генерации и тестирования случайных последовательностей - СПб: Университет ИТМО. 2019. – 70 с.
- 2 Гушин, А.В. Пространственный детерминизм системных методов приближения и адаптации : монография / А.В. Гушин; М-во трансп. Российской Федерации, Федеральное агентство ж.-д. трансп., Федеральное гос. бюджетное образовательное учреждение высш. проф. образования "Самарский гос. ун-т путей сообщ.". – Самара : Изд-во СамГУПС, 2011. – 177 с
- 3 Овсянникова С.Н. Краткий курс теории вероятностей и математической статистики: Учебное пособие для студентов 2-го курса экономических специальностей – М: Экон-информ, 2011. – 104 с.
- 4 4.Барышева В.К., Галанов Ю.И., Ивлев Е.Т., Пахомова Е.Г. Теория вероятностей. Учебное пособие. — Томск: Изд-во ТПУ, 2004. — 136 с.
- 5 Ситников, В.М. Теория чисел: учебное пособие / В.М. Ситников. – Челябинск: Изд-во Челяб. гос. пед. ун-та, 2014 – 116 с.

РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ПАРКА ПРИБЫТИЯ ЧЕТНОЙ СИСТЕМЫ СТАНЦИИ КИНЕЛЬ

А. А. Кельчина¹, М. В. Додонов²

Введение. Одной из прорывных технологий, в настоящее время, является цифровая трансформация. Имитационные модели играют большую роль в цифровизации, например, путевой инфраструктуры и других аспектов работы ж.-д. станций [1]. Применение имитационного моделирования транспортных систем является достаточно важным и актуальным направлением, поскольку позволяет оценивать большое количество параметров работы железнодорожного транспорта в условиях эксперимента без неоправданных затрат и каких-либо угроз в реальности [2].

Существует различные языки и среды для имитационного моделирования транспортных систем, например, язык GPSS. Этот язык используется для моделирования систем массового обслуживания (СМО). Модель (программа) на языке GPSS представляет собой последовательность операторов (их называют блоками), отображающих события, происходящие в СМО при перемещениях транзактов. Поскольку в интерпретаторах GPSS реализуется событийный метод и в СМО может быть одновременно много транзактов, то интерпретатор будет попеременно исполнять разные фрагменты программы, имитируя продвижения транзактов в текущий момент времени до их задержки в некоторых устройствах или очередях [3]. Основным недостатком языка GPSS является сложность использования и не достаточная наглядность представления результатов моделирования. При моделировании работы ж.-д. станций важна визуализация основных показателей (ГИД, загруженность инфраструктуры и т.д.) [4].

В данной статье рассмотрено использование системы Anylogic для моделирования работы парка прибытия четной системы станции Кинель. Anylogic - инструмент имитационного моделирования, предназначенный для проектирования и оптимизации бизнес-процессов или любых сложных систем, таких как производственный цех, аэропорт, госпиталь и т.д. Инструмент поддерживает все методы бизнес моделирования – системную динамику, дискретно-событийное (процессное) и агентное моделирование. Основной упор в разработке продукта сделан на его гибкость и простоту использования для неопытных в создании моделей пользователей [5].

Разработку имитационной модели необходимо начать с создания путевой инфраструктуры парка. Результат работы представлен на рисунке 1.

¹ Кельчина Анастасия Александровна – студент группы ИВТб-81, институт АИТС

² Додонов Михаил Витальевич – к.п.н., доцент кафедры «МАУТ»

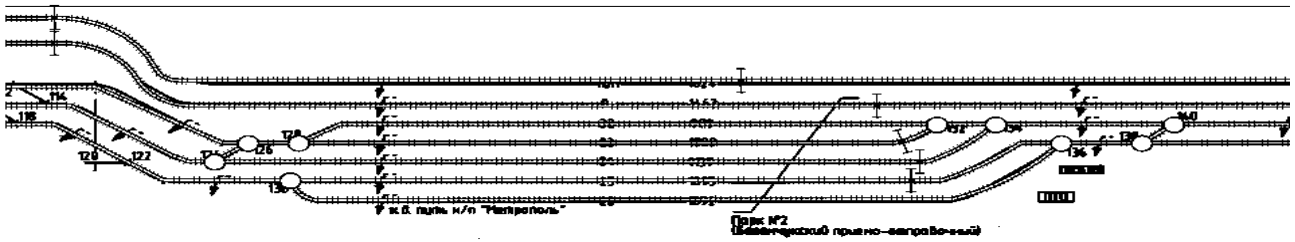


Рис. 1. Путевая инфраструктура парка

Путевая инфраструктура парка состоит из шести путей (railwayTrack31, railwayTrack3, railwayTrack4, railwayTrack8, railwayTrack12, railwayTrack11) и четырех стрелочных переводов (railwaySwitch1-2, railwaySwitch3-4, railwaySwitch5-6, railwaySwitch7-8).

Для того, чтобы построить модель, необходимо задать логику работы парка по обработке прибывающих поездов. Логика работы может состоять из разных элементов (Delay, RailCar, Train, TrainSource, TrainDispose, TrainMoveTo, TrainCouple, TrainDecouple, TrainEnter, TrainExit, SelectOutput, Queue и т.д.), которые моделируют выполнение различных технологических операций над поездами, составами или отдельными вагонами.

Определенные последовательности таких технологических операций должны описывать работу парка по обработке разных типов поездов (транзитных, в расформирование и т.д.). Пример такого технологического процесса представлен на рисунке 2.

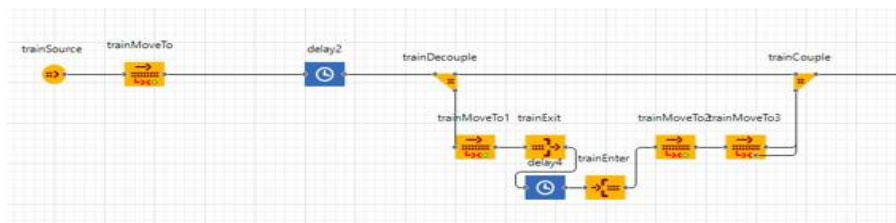


Рис. 2. Логика модели

У каждого из этих элементов технологического процесса задается свой набор свойств (рисунок 3). Модель состоит из последовательных операций – прибытие поезда на свободный путь, закрепление состава, уборка поезда локомотива в депо, технический осмотр, подгонка маневрового локомотива, раскрепление состава, надвиг состава на горку, пропуск маневрового локомотива с горки под состав для надвига.

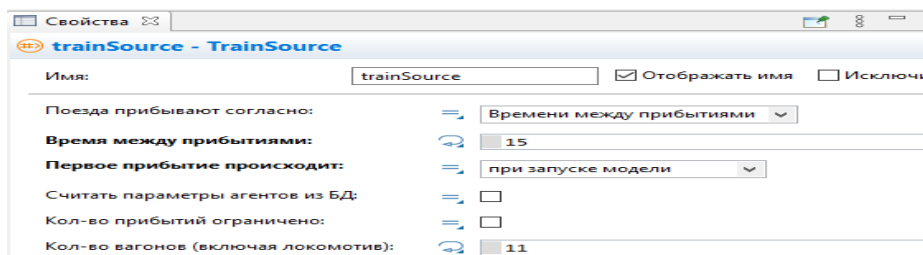


Рис. 3. Свойство элемента TrainSource

Для моделирования прохода поездов в Anylogic существует несколько способов. Поезда прибывают согласно времени между прибытиями, расписанию прибытий из БД, расписанию прибытий как таблицы и вызовам метода inject () (агенты создаются не автоматически, а только при вызове функции).

В качестве примера работы имитационной модели был взят технический процесс – сортировка вагонов маневровым локомотивом. Локомотив, приезжая из депо, заходит за состав по дополнительным путям и начинает надвиг до горки. После этого вагоны распределяются по специальным путям с помощью стрелок. Для начала работы имитационной модели нужно нажать кнопку «Запустить» (рисунок 4).

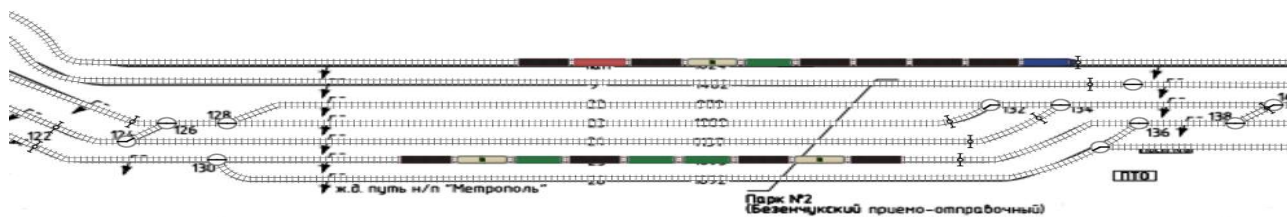


Рис. 4. Работа имитационной модели

По завершению работы имитационной модели можно узнать основные показатели: количество обработанных поездов, общее время занятости путей, стрелочных переводов и т.д. Для оценки необходимости путевого развития парка в имитационную модель можно внести необходимые изменения (удлинить или добавить пути, стрелочные переводы и т.д.) и повторить эксперимент. Сравнение результатов экспериментов позволит сделать вывод о целесообразности дальнейшего инфраструктурного развития парка. Разработанную имитационную модель можно использовать, так же, для исследования изменений вагонопотоков и технологических процессов обработки поездов с учетом, например, специализации путей.

Заключение. Разработанная имитационная модель позволит оценить необходимость дальнейшего развития инфраструктуры и технологических процессов парка при различных изменениях внешних условий (вагонопотоки, поездопотоки и т.д.). Для более рационального использования имитационных моделей необходимо разработать специализированное программное обеспечение для хранения исходных данных, результатов моделирования других информационных материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Бадриева Р.Р., Додонов М.В. Автоматизированная система цифровизации путевой инфраструктуры железнодорожных станций. В сборнике: Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте. Материалы II Всероссийской научно-практической конференции. Самарский государственный университет путей сообщения. 2020. С. 17-20.
- 2 Жарков М.Л., Павидис М.М. Моделирование сортировочных станций железнодорожной сети методами теории массового обслуживания – 2021. – 8 с.
- 3 Язык GPSS. [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://bigor.bmstu.ru/>
- 4 Додонов М.В., Испухалеева А.Н. Разработка системы визуализации процессов моделирования работы железнодорожных станций. В сборнике: мехатроника, автоматизация и управление на транспорте. Материалы II Всероссийской научно-практической конференции. Самарский государственный университет путей сообщения. 2020. С. 46-47.
- 5 Справка AnyLogic. [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://help.anylogic.ru>

ИССЛЕДОВАНИЕ СХОДИМОСТИ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА «АЛГОРИТМ ИДЕНТИФИКАЦИИ МНОГОМЕРНЫХ ПО ВХОДУ ДРОБНЫХ ARX СИСТЕМ С ПОМЕХАМИ ВО ВХОДНЫХ СИГНАЛАХ»

А. А. Кормаков¹, Д. В. Иванов²

Целью данной работы является разработка программного комплекса оценивания параметров линейных ARX моделей дробного порядка с помехами наблюдения в входном сигнале на базе программного пакета Matlab, а также графического пользовательского интерфейса GUI.

Для оценивания параметров линейных ARX моделей дробного порядка с наложением помех наблюдения входного сигнала, алгоритм, который представлен в работах [1, 2], был проведен компьютерный эксперимент. Тестирование программного комплекса алгоритма идентификации дробной динамической системы, описываемой уравнениями (1), производилось на базе программного пакета Matlab.

¹ Кормаков Андрей Александрович – аспирант 2-го года обучения кафедры «МАУТ»

² Иванов Дмитрий Владимирович – к.ф.-м.н., доцент кафедры «МАУТ»

$$z_i = 0.24\Delta^{0.71}z_{i-1} - 0.43\Delta^{1.21}z_{i-1} + 0.17\Delta^{0.61}x_i^{(1)} - 0.28\Delta^{1.33}x_i^{(1)} + 0.67\Delta^{0.56}x_i^{(2)} - 0.31\Delta^{1.12}x_i^{(2)} + 0.95\Delta^{0.16}x_i^{(3)} - 0.45\Delta^{1.31}x_i^{(3)} + 0.62\Delta^{0.63}x_i^{(4)} - 0.41\Delta^{1.31}x_i^{(4)} + \zeta_i, \quad (1)$$

$$y_i = z_i + \xi_i,$$

$$w_i^{(j)} = x_i^{(j)} + \zeta_i^{(j)},$$

$d = 4$, параметр определяющий количество входов модели, порядок модели $r = 2$; $r_1^{(1)} = 2$; $r_1^{(2)} = 2$; $r_1^{(3)} = 2$.

Входные сигналы описываются уравнениями:

$$0,21x_i^{(j)} - 0,45 \cdot x_{i-3}^{(j)} = \tau_i^{(j)} - 0,25 \cdot \tau_{i-1}^{(j)} - 0,45 \cdot \tau_{i-2}^{(j)} + \tau_{i-4}^{(j)},$$

где $\tau_i^{(j)}$ – стационарный шум, тип белый. Объем наблюдений $N = 4000$.

Аналитическое описание системы было переложено на высокоуровневый интерпретируемый язык программирования MATLAB. Данное программное обеспечение широко применяется для решения подобных задач, так как оно содержит большое количество функций для анализа данных. Фрагмент кода программного комплекса численного эксперимента нахождения параметров многомерных ARX систем представлен на рисунке.

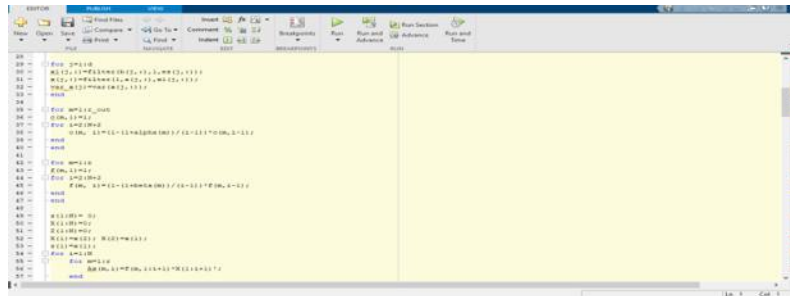


Рис. Фрагмент кода программного комплекса численного эксперимента нахождения параметров многомерных ARX систем

По окончании тестирования алгоритма идентификации, был проведен сравнительный анализ разработанного алгоритма с МНК. В таблице приведены средние значения и среднеквадратические отклонения относительных погрешностей, рассчитанные по 60 процедурам оценивания, для различных соотношений параметра «шум – сигнал».

Таблица

Результаты моделирования ARX системы

№п/п	σ_ξ / σ_z	$\sigma_\zeta^{(j)} / \sigma_x^{(j)}$	σ_τ / σ_z	$\delta\theta$	
				Алгоритм, (среднее \pm СКО), %	МНК (среднее \pm СКО), %
1	0.25	0.25	0.25	5.22 \pm 1.93	15.55 \pm 3.18
2	0.25	0.25	0.5	8.2 \pm 3.42	12.43 \pm 4.57
3	0.25	0.5	0.25	11.35 \pm 8.01	28.16 \pm 11.12
4	0.25	0.5	0.5	13.55 \pm 7.32	27.32 \pm 9.52
5	0.5	0.25	0.25	12.21 \pm 1.98	24.32 \pm 6.19
6	0.5	0.25	0.5	13.26 \pm 5.23	22.78 \pm 5.84
7	0.5	0.5	0.25	14.38 \pm 5.06	33.79 \pm 8.53
8	0.5	0.5	0.5	20.21 \pm 12.34	37.39 \pm 8.95

Проведенные численные эксперименты программного комплекса показали, что алгоритм, представленный в работе [1, 2] имеют большую точность, по сравнению с классическим методом «МНК».

В будущем планируется реализовать в программный комплекс оценивание многомерных систем с гетероскедастическими помехами [3], ARX систем Винера [4], а также ARX-систем дробного порядка с помехой в выходном сигнале [5].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Иванов Д.В. Оценивание параметров линейных ARX-систем дробного порядка с помехой наблюдения во входном сигнале // Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика. 2014. № 2 (27). С. 30-38.
- 2 Иванов Д.В., Иванов А.В. Нелинейный метод инструментальных переменных для ARX систем дробного порядка с ошибками в переменных // В сборнике: СОВРЕМЕННЫЕ СЛОЖНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ. Материалы XII международной научно-практической конференции. 2017. С. 36-40.
- 3 Иванов Д.В., Широков И.Р. Идентификация многомерных по входу ARX систем нецелого порядка с гомоскедастическими помехами во входных сигналах. // В сборнике: Информационно-телекоммуникационные системы и технологии. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. 2014. С. 378-379.
- 4 Иванов Д.В. Идентификация ARX систем Винера дробного порядка при наличии помехи во входном сигнале // в книге: Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ. материалы VII Всероссийской научной молодежной школы-семинара имени Е.В. Воскресенского с международным участием. 2016. С. 44-46.
- 5 Иванов Д.В., Кацюба О.А. О состоятельности оценок параметров ARX-систем дробного порядка с помехой в выходном сигнале // Журнал Средневолжского математического общества. 2016. Т. 18. № 2. С. 21.

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ БАЗИСОВ

А. А. Куршева¹, А. В. Гуцин²

Введение. Целевым направлением работы является разработка интеллектуального интерпретатора хода решения преобразования систем уравнений. Основные решаемые задачи заключались в выборе и реализации алгоритма построения алгебраических базисов. А также дополнение решения интеллектуальным интерпретатором декодирования процедурных переходов в визуальные формулы.

Основная часть. Фактически, все инженерные решения сводятся к линейным системам уравнений, а в случае задач аппроксимации – к полиномиальной форме записи [1]. Главная проблема – это невозможность решения в радикалах выражения с пятой степенью полинома. А также с большой суммарной степенью по числу переменных.

Полиномом, или многочленом, от переменной x называется выражение вида

$$a_0x^n + a_1x^{n-1} + \dots + a_{n-1}x + a_n,$$

где $a_j \in k (j = 0, 1, \dots, n)$, а x – символ, называемый независимой переменной [2]. Многочлены принято обозначать латинскими буквами, рядом с которыми иногда в скобках ставят имя независимой переменной. Величины a_j называются коэффициентами многочлена, а выражения a_jx^{n-j} – членами (или мономами) многочлена f , при этом $n - j$ называется степенью монома. Если $a_0 \neq 0$, то n называется степенью многочлена, а a_0x^n – его старшим членом. Степень многочлена обозначается $deg(f)$.

Для решения этой проблемы был исследован способ программной перестройки уравнений в минимальный базис полиномиального идеала. Исследовалась теоретическая задача перехода уравнений в систему идеала кольца многочленов с последующим альтернативным решением полученного базиса. Были определены основные шаги алгебраических преобразований. Структурные этапы один и два обладают сложной схемой действия по распознаванию характеристик полинома так, как показано на рисунке 1. Здесь выполнялась задача подключения интеллектуального интерпретатора процедурных переходов в визуальные формулы.

¹ Куршева Алина Алексеевна – студент группы ИВТб-81, институт АИТС

² Гуцин Андрей Викторович – к.т.н., доцент кафедры «МАУТ»

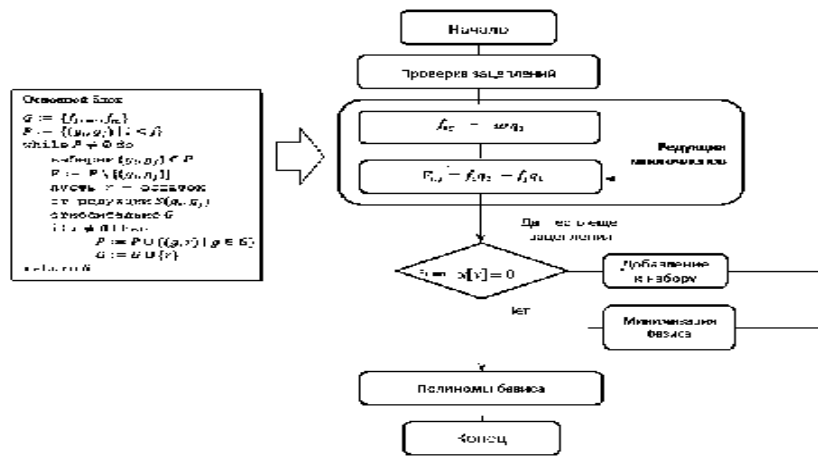


Рис.1. Алгоритм программы построения базиса

Проблема в том, что формальный перевод базисов не всегда оптимален в плане генерации базиса [3]. Дополнительную оптимизацию способен сделать эксперт, если итерацию зацепления на шаге два три перевести в математическую нотацию. Задачей программы как раз и является подготовка отчета для эксперта.

Цель слежения и перевода шагов решения в формулы – это показать на выходном листинге моменты машинных команд, связанные с редукцией многочленов. Для этого был доработан модуль зацеплений при старших степенях решаемых выражений. В основе интеллектуальной интерпретации положено эвристическое правило, исходными посылками которого было условие проведения редукции многочлена [4]. Логический вывод, для команды записи формулы, формировал положительный результат зацепления мономов.

Интерфейс программы содержит окно полноценного редактора формул в явном виде так, как показано на рисунке 2. Кроме того, можно настраивать лексикографический порядок формата полиномиальной записи. Устанавливать порядок чтения старшинства степени и символьных обозначений переменных.

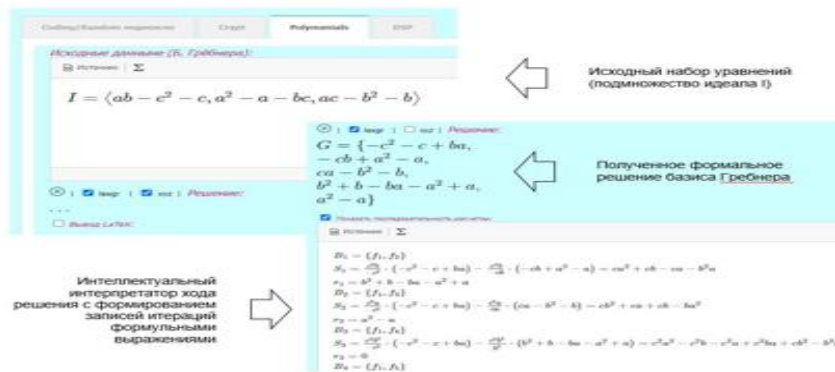


Рис. 2. Интерфейс управления расчетами и вывода результата

Перспективные направления алгоритма. Из теоремы Гильберта о базисе вытекает существование базиса Гребнера в любом идеале [5]. В самом деле, при рассмотрении идеала, порожденный старшими членами элементов идеала, алгоритмически можно выбрать конечный базис из числа образующих. Тогда элементы исходного идеала, старшие члены которого образуют базис идеала старших членов, составят конечный базис Гребнера исходного идеала. Это дополнительное численное доказательство существования базиса для многочленов с многими переменными. Алгоритм можно понимать как программное содействие построения базиса Гребнера для идеала по некоторому его начальному базису.

Программа реализована как серверное приложение и способна задействовать ресурсы распределенных систем. Язык клиентской части JavaScript обеспечивает взаимодействие с пользователем. Серверный язык PHP рассчитывает эквивалентную редуцированную систему

в виде базиса и переводит ход решения в математическую нотацию. Программа размещена в домене учебных ресурсов СамГУПС и функционирует в свободном доступе.

Заключение. Цель работы была достигнута путем изучения и внедрения современных алгоритмов на алгебраических структурах. Результат показывает эффективность совмещения формальных циклов информационных систем и логических интерпретаторов хода решения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Аржанцев И.В. Базисы Грёбнера и системы алгебраических уравнений. – М.: МЦНМО, 2003.– 68с.
- 2 Боровская Е.В., Давыдова Н.А. Основы искусственного интеллекта: учебное пособие / Е.В. Боровская, Н.А. Давыдова. – 4-е изд., электрон. –М.: Лаборатория знаний, 2020. – 130 с.
- 3 Гушин, А.В. Операторы восстановления подобия и фазовых зависимостей / А.В. Гушин, С.В. Горбатов ; Самарский государственный университет путей сообщения. – Самара : Самарский государственный университет путей сообщения, 2020. – 131 с.
- 4 Агиевич С.В. Усовершенствованный алгоритм Бухбергера. Труды Института математики НАН Беларуси, том 20, по. 1, 2012, стр. 3-13.
- 5 Теорема Гильберта о нулях. Мономиальные кривые и их идеалы // Кафедра высшей алгебры МГУ имени М.В. Ломоносова URL: <http://halgebra.math.msu.su/alg-geom/2016-2017/09-23.html> (дата обращения: 10.04.2022).

АДАПТИВНАЯ МНОГОСКОРОСТНАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ В СИСТЕМАХ МОНИТОРИНГА

С. С. Леонова¹, В. А. Засов²

Введение. Мониторинг объектов транспортной инфраструктуры часто связан с тем, что необходимо осуществлять сбор и обработку больших объемов разнородной информации (задачи Big Data), поступающей от многих (сотни, тысячи) измерительных преобразователей.

Одной из проблем, возникающих при решении задач Big Data [1], является проблема разнородности физической информации, поступающей от различных датчиков.

Физические процессы, измеряемые датчиками различны и изменяются с разной скоростью, поэтому частоты дискретизации процессов существенно различаются.

Очевидно, что решение многих актуальных задач совместной обработки процессов, представленных с разной частотой дискретизации, например, вычисление взаимных корреляционных и ковариационных функции [2], разделения и восстановления сигналов в многомерных системах [3], сжатия сигналов, адаптивного подавления помех [4, 5] и эквалайзинга [5, 6] практически невозможно.

В работе предлагается подход, позволяющий приводить частоты дискретизации от разных источников сигналов к некоторой общей частоте дискретизации, чтобы обеспечить совместную обработку таких сигналов.

Предлагаемый подход базируется на использовании методов многоскоростной цифровой обработки сигналов [7, 8, 9].

Многоскоростная обработка сигналов (multirate processing) позволяет управлять частотой дискретизации: умножать на целое число (процесс интерполяции), делить на целое число (процесс децимации) и умножать на дробное число (процесс передискретизации).

Применение этих процессов позволяет не только обеспечивать совместную обработку различных сигналов, но также значительно снижать требования к производительности вычислительных систем, работающих в масштабе реального времени.

Известные методы многоскоростной обработки базируются на априорном знании частот дискретизации сигналов. На основе заранее известных частот задаются коэффициенты интерполяции, децимации и передискретизации.

Но многих практических приложениях частоты дискретизации априори неизвестны или

¹ Леонова Софья Сергеевна – студент группы ИВТб-81, институт АИТС

² Засов Валерий Анатольевич – к.т.н., доцент кафедры «МАУТ»

же в процессе эксплуатации систем мониторинга частоты дискретизации могут изменяться.

Поэтому актуальной задачей является разработка многоскоростных систем, которые могут работать с априори неизвестными или изменяющимися частотами дискретизации входных сигналов. Целью работы является разработка адаптивных многоскоростных систем обработки сигналов.

Алгоритм адаптации многоскоростных систем.

Для реализации функции настройки многоскоростных систем на разные частоты дискретизации в структуру существующих систем предлагается ввести блок адаптации коэффициентов, позволяющий вычислять коэффициенты интерполяции, децимации и передискретизации для блоков интерполяции, децимации и передискретизации соответственно.

Алгоритм работы блока адаптации коэффициентов следующий.

Шаг 1. На каждом цикле мониторинга для каждого из входных потоков $i = 1, 2, \dots, k$ сигналов производится измерение частоты $f_i, i = 1, 2, \dots, k$ дискретизации с записью в память.

Шаг 2. Производится вычисление максимальной частоты f_{max} дискретизации из измеренных значений частот.

Шаг 3. Для каждого из входных потоков (каналов) вычисляются отношения $K_i = \frac{f_{max}}{f_i}, i = 1, 2, \dots, k$, которые являются коэффициентами многоскоростной обработки.

Шаг 4. Далее определяется диапазон коэффициентов K_i .

Те коэффициенты, которые удовлетворяют условию $K_i \geq 1$ и являются целыми числами, передаются в блоки интерполяции соответствующих каналов.

Коэффициенты, которые удовлетворяют условию $K_i \geq 1$ и являются дробными \ числами, передаются в блоки передискретизации соответствующих каналов.

Значения коэффициентов и f_{max} передаются как паспортные данные с массивами обрабатываемой информации.

Шаг 5. Осуществляется проверка на завершения цикла мониторинга.

Если цикл мониторинга не завершен, процесс многоскоростной обработки продолжается с вычисленными на шаге 1 – шаге 4 коэффициентами.

При завершении цикла и переходе к следующему циклу мониторинга, осуществляется переход к шагу 1 алгоритма и вычисление коэффициентов многоскоростной обработки.

Таким образом производится адаптивная настройка коэффициентов интерполяции, децимации и передискретизации в условиях с априори неизвестных или изменяющихся частот дискретизации входных сигналов.

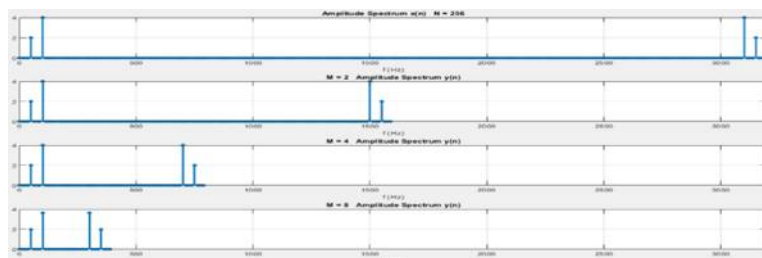
Как следует из алгоритма, в условиях априорной неопределенности частот дискретизации каждый из каналов системы должен иметь блоки интерполяции, децимации и интерполяции.

Блок адаптации коэффициентов является общим для всей системы.

Результаты компьютерного моделирования.

Для реализации шагов рассмотренного выше алгоритма разработано программное обеспечение, результаты применения которого приведены на рис. 1-4.

Пример моделирования процесса децимации с коэффициентами $K_i = 0,5, 0,25, 0,125$



представлен на рисунке 1.

Рис. 1. Моделирование процесса децимации, $K_i=0,5, 0,25, 0,125$

Пример моделирования процесса интерполяции с коэффициентами $K_i = 2, 4, 8$ представлен на рисунке 2.

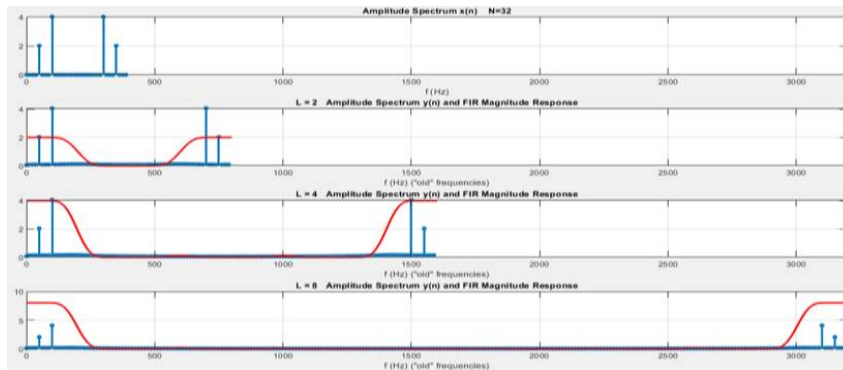


Рис. 2. Моделирование процесса интерполяции, $K_i=2, 4, 8$

Пример моделирования процесса передискретизации с коэффициентом $K_i = 2,5$ представлен на рисунке 3.

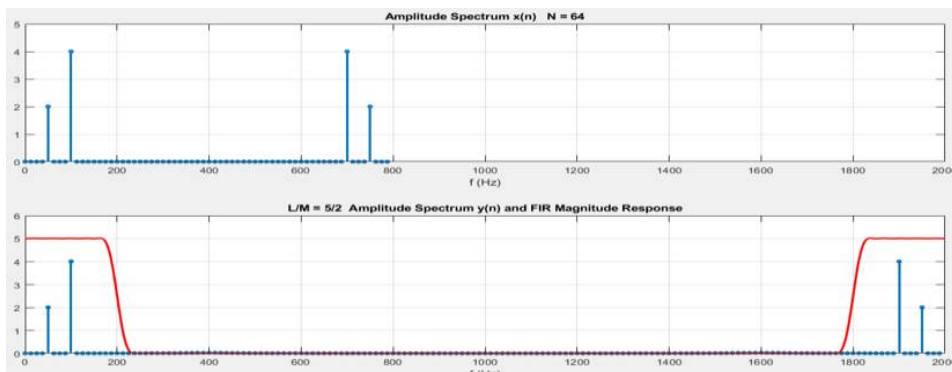


Рис. 3. Моделирование процесса передискретизации, $K_i=0,25$

Пример моделирования процесса передискретизации с коэффициентом $K_i = 1,5$ представлен на рисунке 4.

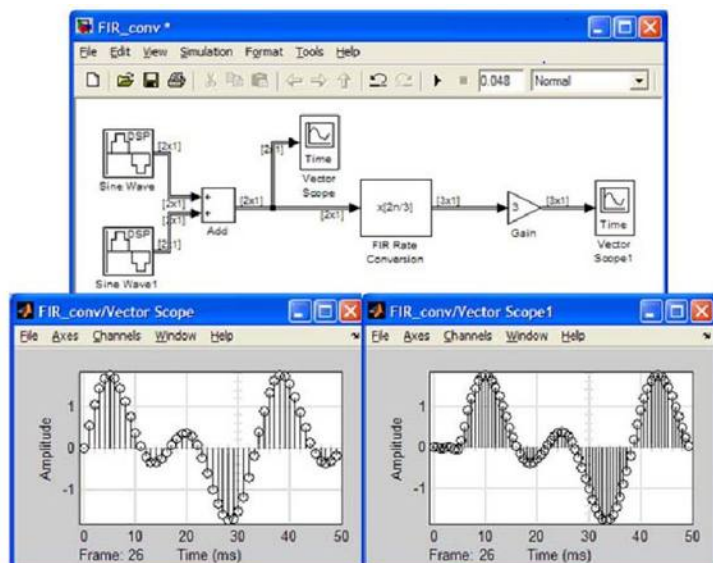


Рис. 4. Моделирование процесса передискретизации, $K_i=1,5$

Заключение. В процессе выполнения работы был проведен системный анализ методов многоскоростной обработки.

Предложено решение актуальной задачи разработки адаптивных многоскоростных систем, которые могут работать с априори неизвестными или изменяющимися частотами дискретизации входных сигналов.

Разработаны алгоритм и программа, реализующие адаптивную многоскоростную обработку; получены практические результаты по использованию программы.

Материалы исследования могут использоваться в научных целях при реализации систем мониторинга объектов транспортной инфраструктуры, а также в учебном процессе для подготовки студентов и повышения квалификации сотрудников, использующих методы цифровой обработкой сигналов в задачах Big Data.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Иванов В.Д. Применение технологий Big Data в системах мониторинга объектов транспортной инфраструктуры на основе интернет-технологий // Наука и образование транспорту : материалы XI Международной научно-практической конференции (2018, Самара). Международная научно-практическая конференция «Наука и образование транспорту», 2018 г. Том 2. – Самара : СамГУПС, 2018. – С. 41-44.
- 2 Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов (3-изд.). СПб.: БХВ-Петербург. 2011. – 768 с.
- 3 Засов В.А., Никоноров Е.Н. Алгоритм регуляризации решения задачи разделения сигналов, использующий результаты анализа устойчивости //Труды IX Международной конференции «Идентификация систем и задачи управления (SICPRO-12)». - М.: Учреждение Российск. акад. наук Ин-т проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН. – 2012. – 949-962.
- 4 Засов В.А., Ромкин М.В. Адаптивный компенсатор помех в прерывистых сигналах. Патент на полезную модель RU №148878 от 20.12.2014.
- 5 Джиган В.И. Адаптивная фильтрация сигналов: Теория и алгоритмы. М.: Техносфера, 2013. – 528 с.
- 6 Засов В.А., Тарабардин М.А. Никоноров Е.Н. Адаптивный эквалайзер. Патент на полезную модель RU № 104403 U1 от 10.05.2011.
- 7 Солонина А.И., Арбузов С.М. Цифровая обработка сигналов моделирование в MATLAB: учеб. пособие. Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2008. – 624с.
- 8 Цифровая обработка сигналов и MATLAB / А.И. Солонина, Д.М. Клионский, Т.В. Меркучева, С.Н. Перов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2013. – 512 с.

ДИАГНОСТИКА ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ Д-49

В. А. Ненашева¹, Д. А. Степовая²

Введение. Исходя из работы [1] перспективным направлением в управлении ресурсом дизельного двигателя находится в плоскости постоянного анализа составляющих его узлов и агрегатов. Постоянный анализ необходим с целью постоянной оценки использование своего ресурса в процессе эксплуатации, а также иметь возможность предсказания его будущего состояния в особенности выхода из строя. Одним из перспективных направлений является переход к эксплуатации двигателей от технических осмотров по времени или моточасам к техническим осмотрам по состоянию реально выработанного ресурса. Таким направлением является предиктивная аналитика технического состояния тепловозных двигателей, например, планировать объем работ по обслуживанию оборудования на плановых видах технического обслуживания и ремонта как в работе [2], где применение предиктивной аналитики дало хороший результат.

Также одним из основных компонентов анализа является моделирование узлов и агрегатов двигателя внутреннего сгорания [3, 4, 5, 6, 7, 8] и определение его текущего состояния по имеющейся модели. Для выявления взаимозависимости рабочих параметров тепловозного двигателя Д-49 необходимо провести их анализ и выявить точки контроля и разработать алгоритмы контроля, которые необходимы для диагностики и принятия решения.

Основная часть. В настоящее время контролируется множество рабочих параметров работы тепловозного дизельного двигателя в процессе его работы, в двигателях с системой

¹ Ненашева Валерия Аркадьевна – магистрант группы ИВТм-01, институт АИТС

² Степовая Дарья Андреевна – аспирант 1-го года обучения кафедры «МАУТ»

электронного управления, контролируется множество технических параметров работы двигателя, в разных системах управления варьируется до 50 параметров, например комплекс диагностики и настройки дизелей КДН «МАГИСТРАЛЬ». Но, наличие систем регистрации указанных параметров не гарантирует того, что в системе имеется наличие их обработки непосредственно на локомотиве и в стационарных условиях, а если и имеется, то не всегда максимально возможно извлечение информации, особенно по косвенным признакам.

Для выявления взаимосвязи между техническими параметрами работы двигателя Д-49 применялась методы, основанные на дисперсионных и корреляционных показателях [7, 8, 9, 10] отвечающих концепции достоверного знания [12], разработаны алгоритмы для расчета дисперсионных и корреляционных показателей по методам продолженным в работе [9], с помощью программного обеспечения MATCAD разработаны алгоритмы позволяющие проводить вычисления одновременного влияние трех параметров на один фактор.

В работе проведен эксперимент по влиянию угол опережения подачи топлива, цикловой подача топлива, угла закрытия впускного клапана и давления наддува на мощность двигателя, среднее эффективное давление, удельный эффективный расход топлива, эффективный КПД, суммарный коэффициент избытка воздуха, среднее давление во впускном коллекторе, коэффициент избытка воздуха при сгорании, максимальное давление цикла, максимальная температура цикла, угол максимального давления за ВМТ, угол максимальной температуры ВМТ, максимальная скорость нарастания давления, продолжительность топливоподачи, период задержки воспламенения в цилиндре, доля топлива, испарившегося за период задержки, продолжительность сгорания, давление начала сжатия, температура начала сжатия, давление конца сжатия, температура конца сжатия, давление начала выпуска, температура начала выпуска.

Пример расчета дисперсионных и корреляционных коэффициентов приведен для следующих параметров: максимальная скорость нарастания давления, продолжительность топливоподачи, период задержки воспламенения в цилиндре и представлен на рисунке 1.

$$FDO := \text{res_sum_f}(pdo_y_x) + \text{res_sum_f}(VdDO) + VdDO_3x + 2(\text{res_sum_f}(VsDO_2_1) + \text{res_sum_f}(VsDO_2_2) + \text{res_sum_f}(VsDO) + \text{res_sum_f}(VsDO_3x_1x) + \text{res_sum_f}(VsDO_3x_2x))$$

$$FDO = 0.775 \quad MDO = 0.775 \quad ODO = 0.225 \quad MDO + ODO = 1$$

$$\text{res_M} := \begin{pmatrix} pdo_y_x_0 & VsDO_0 & VsDO_2 & VsDO_2_1_0 & VsDO_2_1_1 & VsDO_2_1_2 & VsDO_3x_1x_0 \\ VsDO_0 & pdo_y_x_1 & VsDO_1 & VsDO_2_1_0,1 & VsDO_2_1_1,1 & VsDO_2_1_2,1 & VsDO_3x_1x_1 \\ VsDO_2 & VsDO_1 & pdo_y_x_2 & VsDO_2_1_0,2 & VsDO_2_1_1,2 & VsDO_2_1_2,2 & VsDO_3x_1x_2 \\ VsDO_2_1_0,0 & VsDO_2_1_0,1 & VsDO_2_1_0,2 & VdDO_0 & VsDO_2_2_1 & VsDO_2_2_0 & VsDO_3x_2x_2 \\ VsDO_2_1_1,0 & VsDO_2_1_1,1 & VsDO_2_1_1,2 & VsDO_2_2_1 & VdDO_1 & VsDO_2_2_2 & VsDO_3x_2x_0 \\ VsDO_2_1_2,0 & VsDO_2_1_2,1 & VsDO_2_1_2,2 & VsDO_2_2_0 & VsDO_2_2_2 & VdDO_2 & VsDO_3x_2x_1 \\ VsDO_3x_1x_0 & VsDO_3x_1x_1 & VsDO_3x_1x_2 & VsDO_3x_2x_2 & VsDO_3x_2x_0 & VsDO_3x_2x_1 & VdDO_3x \end{pmatrix}$$

$$\text{res_M} = \begin{pmatrix} 0.209 & 0 & 0.037 & 0 & 0.041 & -0.037 & -0.041 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.037 & 0 & 0.301 & 0.024 & 0 & -0.037 & -0.024 \\ 0 & 0 & 0.024 & 0.096 & 0.032 & 0.056 & -0.112 \\ 0.041 & 0 & 0 & 0.032 & 0.15 & 0.102 & -0.175 \\ -0.037 & 0 & -0.037 & 0.056 & 0.102 & 0.266 & -0.158 \\ -0.041 & 0 & -0.024 & -0.112 & -0.175 & -0.158 & 0.339 \end{pmatrix}$$

$$\text{corr_matr}(xy) = \begin{pmatrix} 1 & 0.418 & 0.659 & -0.022 \\ 0.418 & 1 & 0.01 & 0 \\ 0.659 & 0.01 & 1 & -0.131 \\ -0.022 & 0 & -0.131 & 1 \end{pmatrix}$$

$$R = 0.166$$

Рис.1. Расчет дисперсионных и корреляционных коэффициентов. Матрица res_M дисперсионные (парно дисперсионные, частные дисперсионные) коэффициенты, corr_matr – корреляционные коэффициенты

По результатам проведенных исследований выявлены линейные взаимосвязи между исследуемыми параметрами. В веду ограниченного объема данной работы рассмотрим полученные результаты работы примере зависимости цикловой подачи топлива от мощности (X1), удельного эффективного расхода топлива (X3), среднего индикаторного давления (X5), продолжительности топливоподачи (X15), давления начала выпуска (X23), диаграмма линейной зависимости приведена на рисунке 2, где на дугах соединяющие параметры отмечены коэффициенты корреляции.

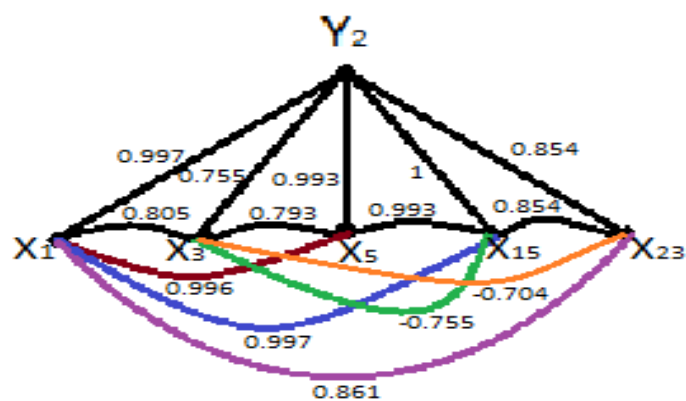


Рис. 2. Диаграмма зависимости цикловой подачи топлива от параметров X_1 – мощность, X_3 – удельный эффективный расход топлива, X_5 – среднее индикаторное давление, X_{15} – продолжительность топливоподачи, X_{23} – давление начала выпуска, y_2 – цикловая подача топлива

На примере взаимосвязи цикловой подачи топлива и удельного расхода топлива получим с применением методов регрессионного анализа определим линейное уравнение

$$y = -23,1x + 5,8,$$

где y – цикловая подача топлива, x – удельный расход топлива, оценки регрессионного анализа приведены на рисунке 3.

Регрессионная статистика						
Множеств	0,755290359					
R-квадрат	0,570463527					
Нормиро	0,565026356					
Стандарт	0,054185534					
Наблюде	81					
Дисперсионный анализ						
	df	SS	MS	F	Значимость F	
Регрессия	1	0,308050304	0,308050304	104,919189	3,7427E-16	
Остаток	79	0,231949696	0,002936072			
Итого	80	0,54				
Кoeffициенты						
	Кoeffициент	Стандартная ошибка	t-статистика	P-Значение	Нижние 95%	Верхние 95%
Y-пересеч	5,81562128	0,477985591	12,16693849	8,5595E-20	4,86421478	6,767027784
Перемен	-23,14775357	2,259859228	-10,24300686	3,7427E-16	-27,6458908	-18,6496164
Нижние 95,0%						
					-27,64589076	-18,64961637

Рис. 3. Оценки регрессионного анализа

Как видно, из рисунка 4, цикловая подача топлива и удельный расход топлива между собой жестко взаимосвязаны и постоянно контролируя удельный расход топлива, можно определить неисправность ТНВД, доесть плунжерной пары. Так, как с износом плунжерной пары будет уменьшаться масса топлива поданного за один ход плунжера в цилиндр. То есть возникнет ситуация, при которой при увеличении удельного расхода топлива мощность двигателя будет уменьшаться.

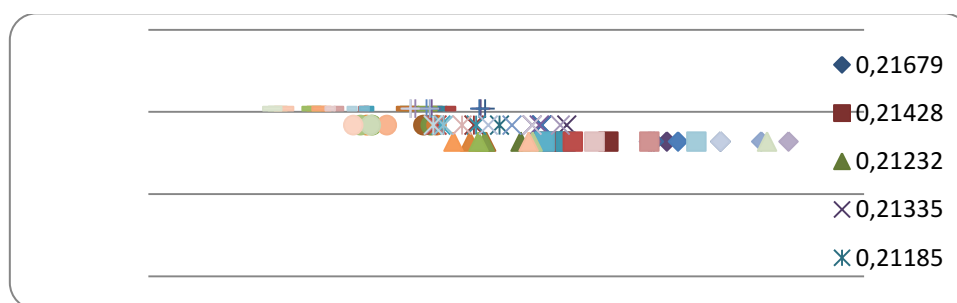


Рис. 4. График зависимости цикловой подачи топлива и удельного расхода топлива

Также покажем взаимосвязь между цикловой подачей топлива (y_2) и продолжительностью топливоподачи (x_{15}), между которыми наблюдается тесная взаимосвязь, как логическая, так и линейная (коэффициент корреляции равен единице исходя из рисунка 2). Определим линейное уравнение методом регрессионного анализа и в результате расчётов оно будет иметь вид:

$$y = 0,04x - 0,04,$$

где y – цикловая подача топлива, x – продолжительность топливоподачи.

Как видно, из рисунков 4 и 5 наблюдается четкое функциональное разделение между параметрами, что говорит о возможности диагностирования параметров.



Рис. 5. График зависимости цикловой подачи топлива и продолжительностью топливоподачи

Выводы. В результате проведенной работы выявлена: тесная корреляционная зависимость между углом опережения подачи топлива, цикловой подачей топлива, концом впуска, степенью повышения давления в компрессоре. Определены взаимосвязи между исследуемыми параметрами, построены регрессионные модели, которые можно применять для определения отклонений от рабочих параметров работы дизельного двигателя путем внесения в линейные уравнения в контроллер управления двигателем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 О программе развития отечественного транспортного двигателестроения / А.Л. Редин, Д.О. Онищенко, В.С. Коссов, В.И. Захаров // Транспорт Российской Федерации. – 2019. – № 2(81). – С. 3-6.
- 2 Федотов, М. В. Предиктивная аналитика технического состояния систем тепловозов с использованием нейросетевых прогнозных моделей / М.В. Федотов, В.В. Грачев // Бюллетень результатов научных исследований. – 2021. – № 3. – С. 102-114. – DOI 10.20295/2223-9987-2021-3-102-114. – EDN IKENIN.
- 3 Носырев, Д.Я. Разработка диагностической модели оценки закоксованности выпускных окон по рабочим параметрам тепловозного дизеля / Д.Я. Носырев, А.В. Авсиевич, А.Г. Старикова // Вестник транспорта Поволжья. – 2016. – № 6(60). – С. 28-36.
- 4 Mitrofanov A, Ivaschenko A, Avsievich A, Avsievich V, Golovnin O. Indirect Fuel Rationing for a Special Self-Propelled Rolling Stock. *Energies*. 2022; 15(3):836. <https://doi.org/10.3390/en15030836>
- 5 Авсиевич, А.В. Модель приводного центробежного нагнетателя / А.В. Авсиевич, В.В. Авсиевич // Наука и образование транспорту. – 2014. – № 1. – С. 181-183. – EDN TGLWQZ.
- 6 Кузнецова, Ю.А. Модель стэнда турбокомпрессора / Ю.А. Кузнецова, А.В. Авсиевич // Наука и образование транспорту. – 2016. – № 2. – С. 58-61.
- 7 Исследование газодизельной установки на базе двигателя д-242 с системой топливоподачи сэрз 500 / А.В. Авсиевич, А.Ю. Балакин, В.В. Авсиевич, Е.М. Плохов // Вестник транспорта Поволжья. – 2020. – № 1(79). – С. 112-122. – EDN ZFRGMK.
- 8 Иващенко, А.В. Разработка рекуррентных алгоритмов управления газодизельным двигателем силовой установки магистрального тепловоза / А.В. Иващенко, А.В. Авсиевич, В.В. Авсиевич // Вестник транспорта Поволжья. – 2021. – № 3(87). – С. 12-21. – EDN SXPXBR.
- 9 Тюмиков, Д.К. Выбор доминантных переменных при статистическом исследовании тепловозных дизелей / Д.К. Тюмиков, А.В. Авсиевич, А.Г. Старикова // Вестник транспорта Поволжья. – 2012. – № 1(31). – С. 77а-82.
- 10 Correlation-spectral method and identification algorithms of quasi-stationary time series and their practical application / T.N. Bushtruk, A.V. Avsievich, N.V. Chertykovtseva, A.A. Bushtruk // AIP Conference Proceedings, Perm, 01–03 мая 2021 года. – Perm, 2021. – P. 040001. – DOI 10.1063/5.0063740.
- 11 Авсиевич А.В., Иванов Д.В. Рекуррентное оценивание параметров нелинейных динамических объектов класса Гаммерштейна с помехой на выходе // Информационные системы и технологии. – 2010. – Т. 61. – №. 5. – С. 43.
- 12 Григоровский, Б.К. Транспортная ЛМТ-концепция достоверного знания / Б.К. Григоровский, А.В. Авсиевич // Вестник транспорта Поволжья. – 2017. – № 2(62). – С. 82-86.

СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ ПУТЕВЫХ КООРДИНАТ ПОДВИЖНЫХ ЕДИНИЦ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Н. К. Татарова¹, В. А. Засов²

Введение. Для задач мониторинга транспортной инфраструктуры необходимо осуществлять точную локализацию обнаруженных дефектов для последующего их устранения. Для этого необходимо производить привязку средств мониторинга, например, вагонов-лабораторий с системами контроля и диагностики к линейной координате железнодорожного пути.

Данные, полученные с помощью устройства ввода информации, дают лишь представление о техническом состоянии устройств инфраструктуры на всем пути следования вагонов-лабораторий, но такая информация является неполной без привязки ее к координате рельсовой колеи, т.е. путевой координате. Эту задачу выполняет система измерения путевых координат позволяющая определять и передавать в систему мониторинга информацию о местоположении вагона-лаборатории (его путевой координате).

В настоящее время для определения путевых координат используются следующие типы систем: датчики пути (одометры), инерциальные навигационные системы (в состав входят инклинометр и акселераторы), спутниковые навигационные системы, системы с идентификационными метками на шпалах.

Основным прибором по показаниям которого определяется пройденное вагоном-лабораторией расстояние, является одометр, установленный на одну из колесных пар. Поскольку все контролируемые параметры фиксируются как функция пройденного вагоном-лабораторией пути, требования к точности его измерения высоки.

Использование для привязки результатов измерений геометрии и дефектов пути показаний одного лишь одометра не приводит к удовлетворительному результату измерения путевых координат из-за его большой погрешности, которая из-за проскальзывания колесных пар криволинейных участках пути достигает 50-100 м на 30 км пройденного пути [1].

Инерциальные системы измерения координат обеспечивают требуемую погрешность на криволинейных участках пути, но имеют недостаток обусловленный свойством накапливать ошибки в процессе измерений, что создает проблемы локализации дефектов при эксплуатации таких систем [2].

Спутниковые навигационные системы чувствительны к рельефу местности, плохо работают в тоннелях, гористой местности, мостах, т.е. местах неустойчивой связи с навигационными спутниками, что приводит к существенным погрешностям 2-3 % при измерении путевых координат [3].

Системы с идентификационными метками [4] на шпалах не всегда обеспечивают требуемую надежность из-за повреждений меток и требуют обновления меток при проведении путевых ремонтных работ, а также дорогостоящих затрат проведения паспортизации пути.

Поэтому актуальной задачей является создание такой системы измерения путевых координат, в которой указанные недостатки, увеличивающие погрешности измерений, будут устранены.

В работе предлагается создание интегрированной системы измерения путевых координат на базе одометра, инерциальной и спутниковой систем. Сочетание достоинств каждой из перечисленных систем позволяет разработать надежную и достоверную систему измерения путевых координат обеспечивающую погрешность измерения не превышающую 10 см на 1 км пути.

Для создания интегрированной систем в работе решены следующие задачи: разработана структурная схема системы, разработан алгоритм работы системы, разработана аппаратная платформа, разработано программное обеспечение.

Основная часть. Структурная схема системы измерения путевых координат представлена на рисунке 1.

¹ Татарова Наталья Константиновна – студент группы ИВТб-81, институт АИТС

² Засов Валерий Анатольевич – к.т.н., доцент кафедры «МАУТ»

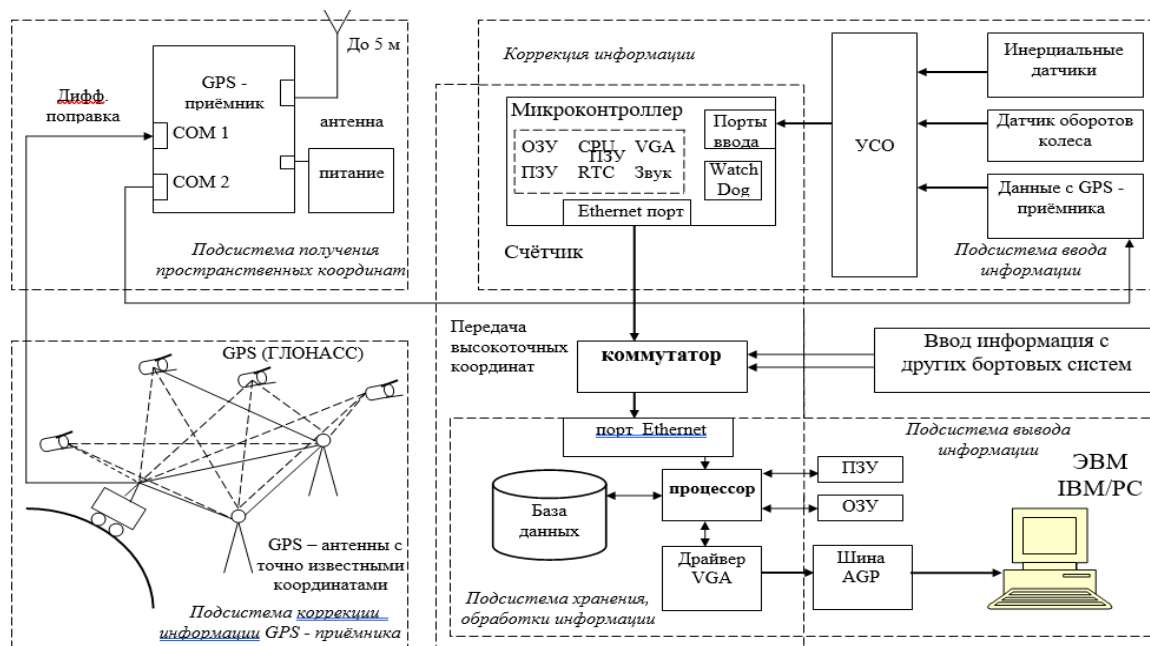


Рис. 1. Структурная схема системы измерения путевых координат вагона-лаборатории мониторинга объектов транспортной инфраструктуры

Для выполнения указанных задач требуется устройство обработки сигналов (УОС).

УОС осуществляет приём, передачу и обработку данных, обеспечивает взаимодействие между всеми блоками системы и является его основной частью. УОС должно иметь как минимум два коммутационных порта: первый – для подключения ГЛОНАСС или GPS приёмников к микроконтроллеру, а второй порт – USB порт для подключения датчиков. Для передачи готовых и скорректированных данных в систему мониторинга необходим Ethernet порт.

Оперативное запоминающее устройство (ОЗУ) необходимо в УОС для записи и хранения сигналов с датчиков в реальном времени.

Энергонезависимая память требуется для хранения драйверов и настроек подключаемых устройств. Память является энергонезависимой, поэтому при отключении питания устройства не происходит потери записанной информации.

Часы реального времени предоставляют УОС астрономическую дату и время. Для определения даты и времени можно использовать также поступающие от навигационных спутников.

Система ГЛОНАСС требуется для осуществления функций, связанных с измерением геодезических координат (долготы, широты, высоты), по которым вычисляется пройденный путь и время.

Блок инерциальных датчиков необходим для измерения и первичной обработки данных с акселерометров и гироскопов, позволяющие вычислять углы поворота и наклона колесной пары, на которой установлен одомер.

Набор измеренных данных – число оборотов одометра, углы поворота и наклона колесной пары, на которой установлен одомер, пройденный путь и время, вычисленные на основе измеренных навигационными спутниками геодезических координат, передаются на установленный в вагоне-лаборатории промышленный компьютер [5].

Для организации приёма информации с датчиков системе требуется устройство сопряжения с объектами (УСО). УСО преобразовывает получаемые от датчиков сигналы для последующей их обработки в УОС.

В состав УСО входят модули гальванической развязки и АЦП для каждого датчика. Они позволяют уменьшить уровень помех и преобразовывать получаемые аналоговые сигналы в цифровые.

Алгоритм работы системы измерения путевых координат представлен на рисунке 2.

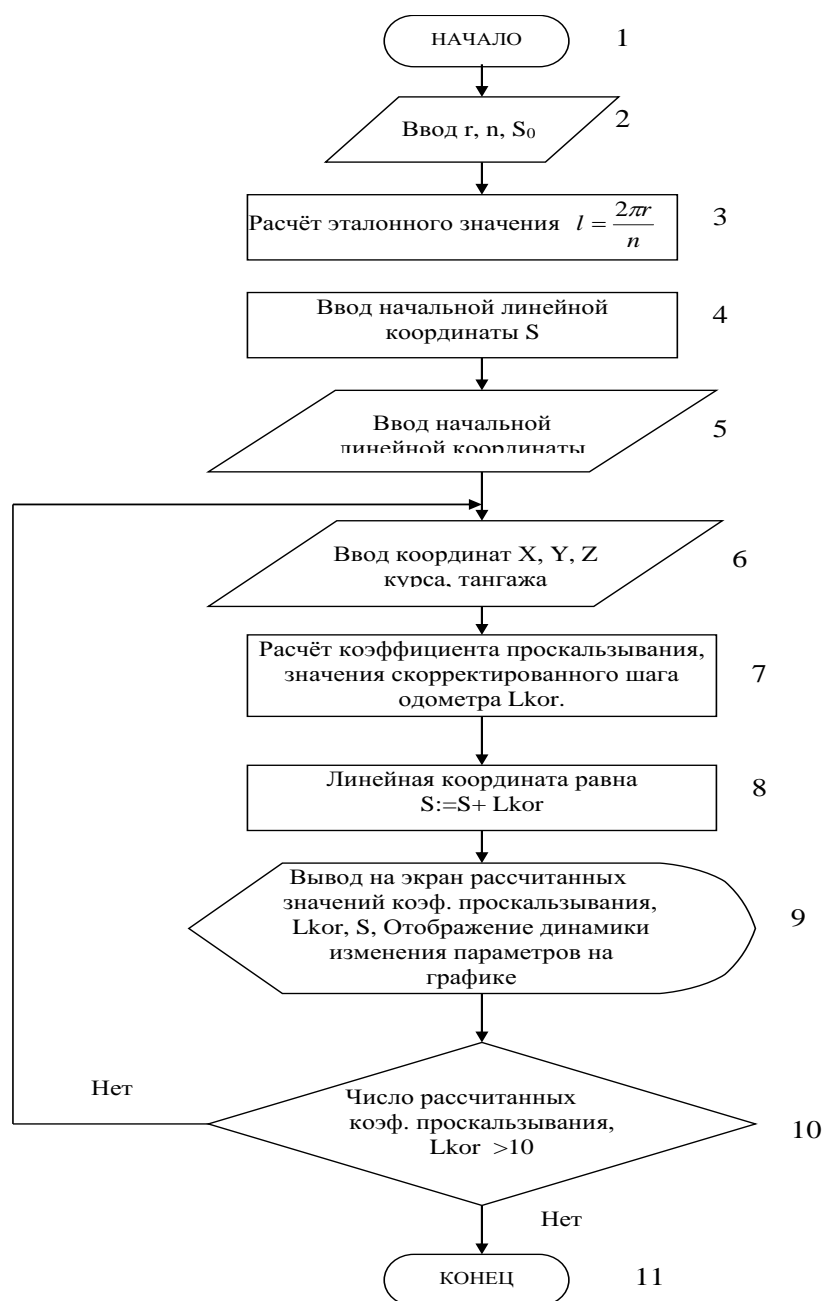


Рис. 2. Алгоритм работы системы измерения путевых координат

Основным параметром, позволяющим вычислять линейную координату является шаг одометра – пройденный вагоном путь за один оборот одометра.

Отличительной особенностью алгоритма является коррекция шага одометра (шаги 7, 8 алгоритма) $Lkor$ на основе измеренных акселерометрами и инклинометром инерциальной системы углов поворота и наклона колесной пары, на которой установлен одометр. Кроме этого, шаг одометра и инерциальная система корректируются данными результатов измерения геодезических координат спутниковой навигационной системой. Таким образом, двойная коррекция шага одометра позволяет уменьшить погрешность одометра и, соответственно, погрешность измерения путевых координат до величины не превышающей 10 см на 1 км пройденного пути.

Измерительные системы на основе одометров, инерциальные и спутниковые работают в условиях интенсивны помех и воздействий внешней среды. Поэтому для обеспечения эффективной коррекции показаний одометров собственно системы надо корректировать и обеспечивать их помехозащищенность. Для решения задачи повышения достоверности и надежности измерений в работе используются методы адаптивной цифровой обработки сигналов, эффективные в условиях

неопределенности возмущений. Это методы разделения и восстановления сигналов в многомерных системах [6], адаптивного подавления помех [7] и адаптивного эквалайзинга [8, 9].

В качестве языка для реализации системы измерения путевых координат вагона-лаборатории выбран язык Си, отдельные модули, например написан на языке Assembler. Драйвера блока инерциальных датчиков и ГЛОНАСС для микроконтроллера также написаны на языке Си, так в имеется набор библиотек на языке Си, что позволяет в короткие сроки адаптировать и отладить драйвера устройств под решение конкретной решаемой задачи [4]. Интерфейс системы и выходные формы результатов моделирования системы измерения путевых координат приведены на рисунке 3.

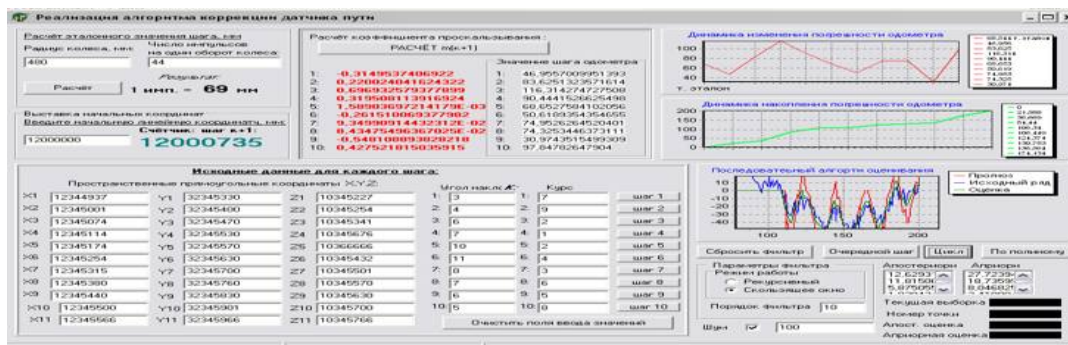


Рис. 3. Интерфейс системы и выходные формы результатов моделирования системы измерения путевых координат

Заключение. Предложена интегрированная система измерения путевых координат на базе одометра, инерциальной и спутниковой систем. Сочетание достоинств каждой из перечисленных систем позволяет разработать надежную и достоверную систему измерения путевых координат обеспечивающую погрешность измерения не превышающую 10 см на 1 км пути.

Для создания интегрированной систем разработаны структурная схема системы, алгоритм работы системы, аппаратная платформа и программное обеспечение.

Моделирование системы показало обоснованность и достоверность предложенных решений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Матвеев С.И., Коугия В.А., Цветков В.Я. Геоинформационные системы и технологии на ж.д. транспорте: Учебное пособие для вузов ж.д. транспорта / под ред. С.И. Матвеева. – М, УМК МПС России, 2002. – 288 с.
- 2 Броксмейр И.Ф. Системы инерциальной навигации. – Л.: Судостроение, 1997. – 276 с.
- 3 Болдин В.А., Зубинский В.И., Зурабов Ю.Г. и др. Глобальная спутниковая радионавигационная система Глонасс. Москва ИПРЖР. 1998. – 400 с.
- 4 Theeg Gr., Vlasenko S. Railway Signalling and Interlocking. International Compendium, 3d ed., PMC Media House GmbH, Eurail press, 2020, – 552 p.
- 5 Денисенко В.В. Компьютерное управление технологическим процессом, экспериментом, оборудованием. – М.: Горячая линия-Телеком, 2009. – 608 с.
- 6 Засов В.А., Никоноров Е.Н. Алгоритм регуляризации решения задачи разделения сигналов, использующий результаты анализа устойчивости //Труды IX Международной конференции «Идентификация систем и задачи управления (SICPRO-12)».- М.: Учреждение Российск. акад. наук Ин-т проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН. – 2012. – 949-962.
- 7 Засов В.А., Ромкин М.В. Адаптивный компенсатор помех в прерывистых сигналах. Патент на полезную модель RU №148878 от 20.12.2014.
- 8 Засов В.А., Тарабардин М.А. Никоноров Е.Н. Адаптивный эквалайзер. Патент на полезную модель RU №104403 U1 от 10.05.2011.
- 9 Джиган В.И. Адаптивная фильтрация сигналов: Теория и алгоритмы. М.: Техносфера, 2013.–528 с.

РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ РАБОТЫ ВАГОННОГО ДЕПО

Д. А. Шаталов¹, М. В. Додонов²

Введение. Имитационное моделирование (ИМ) играет важную роль в процессе цифровой трансформации ж.-д. станций [1]. С использованием ИМ можно проверить различные варианты проектных решений по дальнейшему развитию путевой инфраструктуры, используемого оборудования, станочного парка, зданий и сооружений, технических процессов в вагонных депо. Для создания ИМ можно использовать различные среды моделирования. Выбор среды моделирования влияет не только на текущие возможности разрабатываемой ИМ, но и на дальнейшие перспективы использования созданных моделей в цифровой трансформации вагонных депо.

Основная часть. Из множества программ для ИМ транспортных систем можно выделить среду Villon. Villon – это программный имитационный инструмент для создания и применения универсальных и детальных ИМ транспортно-логистических терминалов и их технологических процессов (рис. 1).

Villon реализует микроскопическое моделирование различных типов транспортных логистических терминалов, содержащих железнодорожную и дорожную инфраструктуру (например, сортировочные станции, железнодорожные пассажирские станции, заводы, контейнерные терминалы, депо, аэропорты и т.д.) [2].

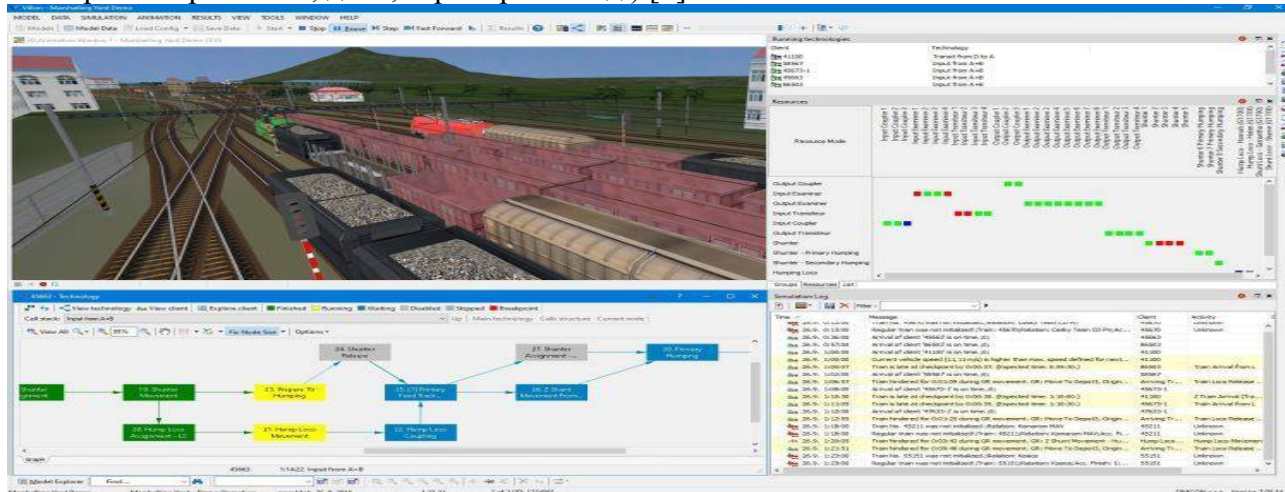


Рис. 1. Имитационная модель ж.-д. станции в среде Villon

Такие особенности Villon, как большая гибкость, детальное моделирование работы различных типов терминалов, определение операционных процедур на основе блок-схем, взаимодействие с пользователем, выбор стратегий принятия решений, вывод 3D-анимации, широкие возможности оценки результатов, подчеркивают его уникальность во всем мире.

Однако следует отметить и некоторые недостатки среды моделирования Villon: во-первых, разработанные модели сложно интегрировать в эксплуатируемые на ж.-д. системы; во-вторых, в среде моделирования отсутствует подсистема поддержки версионности (журнализации изменений) с возможностями работы в многопользовательском режиме; в-третьих, в системе моделирования отсутствует поддержка русского языка. Так же, следует отметить отсутствие регистрации системы Villon в едином реестре российских программ.

В качестве аналога среды моделирования Villon можно использовать систему Anylogic. AnyLogic, созданная фирмой XJ Technologies (Россия), это среда компьютерного моделирования совместного предназначения. Это полный инструмент, охватывающий главные в реальное время направленности моделирования: дискретно-событийное, системной динамики, агентное. Использование AnyLogic позволяет оценить эффект проектных решений в сложных технических системах.

¹ Шаталов Дмитрий Александрович – студент группы ИВТб-81, институт АИТС

² Додонов Михаил Витальевич – к.п.н., доцент кафедры «МАУТ»

AnyLogic – это российский инструмент ИМ нового поколения, который разработан на базе передовых концепций в области информационных технологий, объектно-ориентированного моделирования и результатов изучения гибридных систем (в том числе на ж.-д. транспорте). Построенная ИМ в инструментальной среде AnyLogic не ограничивает пользователей одной единой парадигмой моделирования, что считается свойственным для большинства инструментов моделирования, присутствующих на рынке. В AnyLogic разработчик имеет возможность гибко применять разные уровни абстрагирования, стили и концепции моделирования, а также, совмещать их при разработке одной и той же модели [3].

В данной работе рассмотрим разработку ИМ работы вагонного депо г.Самара на базе системы Anylogic. Первым этапом в разработке ИМ является создание путевой инфраструктуры депо. Результат работы представлен на рисунке 2.



Рис. 2. Путевая инфраструктура вагонного депо г.Самара

Путевая инфраструктура состоит из 10 путей (railwayTrack10, railwayTrack1, railwayTrack14, railwayTrack6, railwayTrack5, railwayTrack19, railwayTrack12, railwayTrack17, railwayTrack18, railwayTrack4) и 14 стрелочных переводов (railwaySwitch1 - railwaySwitch14).

Для путей можно задать дополнительные параметры (специализация, вместимость, внешний вид и т.д.), которые будут использоваться для описания технологических процессов ремонта и обслуживания вагонов. При необходимости можно создать несколько моделей для разных вариантов путевого развития вагонного депо.

Вторым этапом в разработке ИМ является создание логики обработки вагонов. Логика обработки вагонов (технологические процессы) задается следующими элементами: trainMoveTo, trainSource, delay, trainDecouple, trainCouple, trainDispose. При создании технологических процессов следует учитывать следующие параметры: тип вагона, вид ремонта или обслуживания, специализацию путей.

В качестве примера технологического процесса можно привести следующую последовательность операций:

1. Привоз маневровым локомотивом состав вагонов в зону ответственности депо.
2. Подача состава на мойку.
3. Перегон состава с мойки на пути проведения ТО-1, ТО-2.
 - 3.1. Возможная отцепка определенного вагона(ов) для проведения ТО-3 в здании ПТС.
 - 3.2. Возврат вагонов с ТО-3 в состав.
4. Завершение ТО, подача состава на станцию отправления.

Для каждой операции технического обслуживания необходимо указать ее продолжительность с учетом его вида (ТО-1, ТО-2, ТО-3, капитальный ремонт и т.д.). Для маневровых операций указываются маршруты, максимально разрешенная скорость движения, скорость движения при различных условиях. Логика обработки вагонов может быть задана и более сложными способами [4], например, с учетом занятости обслуживающего персонала, загруженности основных путей, наличия маневровых локомотивов и т.д.

Пример созданного технологического процесса приведен на рисунке 3.

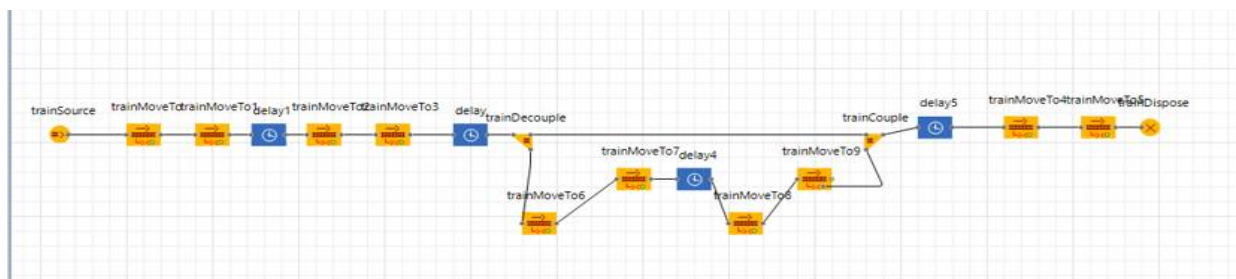


Рис. 3. Элементы логики модели (технологический процесс)

Третьим этапом разработки ИМ является создание плана ремонта вагонов (расписание прибытия вагонов для прохождения технического обслуживания или ремонта). Заданный план ремонта может быть задан в табличной форме и хранится в виде отдельных файлов или в базе данных. Можно задать, также, прибытие вагонов вероятностным способом. Вообще последовательность и интервалы прибытия разных типов вагонов могут существенно сказываться на результирующих показателях работы вагонного депо (пропускная способность, занятость элементов инфраструктуры и т.д.) и могут быть объектом отдельных исследований.

Для запуска процесса моделирования необходимо нажать кнопку «F5». Результат моделирования показан на рисунке 4.

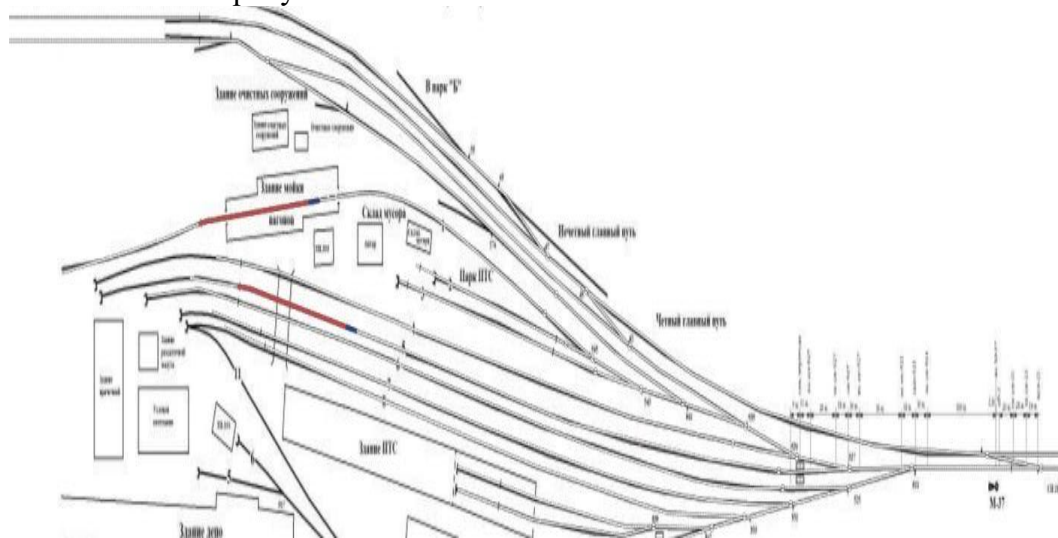


Рис. 4. Имитационная модель вагонного депо станции Самара

Для дальнейшей обработки результатов моделирования их необходимо сохранить в другой системе, например, Excel. Однако для лучшего восприятия результатов моделирования необходимо использовать специально разработанные инструменты визуализации [5], учитывающие специфику ж.-д. транспорта и позволяющие хранить исторические и перспективные версии развития вагонных депо для всей сети ОАО РЖД.

Заключение. Разработка разных вариантов ИМ развития вагонных депо, можно выбрать наиболее оптимальный (или, по крайней мере, эффективный) и экономически обоснованный план развития и реконструкции. Разработанные ИМ помогают в тактическом (среднесрочном) и стратегическом (долгосрочном) планировании, связанном, как правило, с предложениями по инфраструктуре, технологическим операциям или планом ремонтов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Бадриева Р.Р., Додонов М.В. Автоматизированная система цифровизации путевой инфраструктуры железнодорожных станций //В сборнике: Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте. Материалы II Всероссийской научно-практической конференции. Самарский государственный университет путей сообщения. 2020. С. 17-20.
- 2 Справка Villon [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://www.simcon.sk/en/tools/villon/white-papers>
- 3 Справка AnyLogic [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://help.anylogic.ru>
- 4 Додонов М.В., Додонова Н.Л., Елистратов А.А., Кузнецова О.А. Модель системы поддержки принятия

- решения с использованием нечёткой логики в деловых играх распределения ресурсов с нетрансферабельной полезностью // В сборнике: Управление большими системами (УБС'2016). Материалы XIII Всероссийской школы-конференции молодых ученых. Под общей редакцией Новикова Д.А., Засканова В.Г.; Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН; Самарский университет. 2016. С. 388-395.
- 5 Испухалева А.Н., Додонов М.В. Разработка системы визуализации процессов моделирования работы железнодорожных станций // В сборнике: Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте. Материалы II Всероссийской научно-практической конференции. Самарский государственный университет путей сообщения. 2020. С. 46-47.

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ЕДИНОЙ АУТЕНТИФИКАЦИИ

А. Д. Гавриленко¹, Л. И. Папиловская²

Введение. На сегодняшний день огромное количество компаний используют информационные системы для решения задач, связанных с ведением бизнеса. Все больше информации, подвергаемой защите, переносится в сеть. Современные технологии не только обеспечивают новые возможности организации бизнеса, ведения государственной и общественной деятельности, но и создают значительные потребности в обеспечении безопасности для защиты информации.

Защита информации – это совокупность мероприятий, направленных на обеспечение конфиденциальности и целостности обрабатываемой информации, а также доступности информации для пользователей.

Одной из главных задач информационной безопасности является защита конфиденциальной информации.

Аутентификация – процедура проверки подлинности заявленного пользователя, процесса или устройства.

Рассмотрим следующие методы аутентификации:

- аутентификация на основе многоцветных паролей: доступ ко всем ресурсам сервера осуществляется при единичном введении пароля;
- аутентификация на основе одноразовых паролей: используются различные уникальные пароли при каждом новом запросе на предоставление доступа в систему;
- аутентификация на основе графического пароля: для доступа в систему пользователю необходимо выполнить некоторые операции над изображениями;
- аутентификация на основе PIN кода: осуществление доступа в систему посредством ввода буквенно-цифровых символов;
- биометрическая аутентификация: сканирование и анализ одного или нескольких физиологических (отпечатки пальцев, радужная оболочка глаза, сетчатка глаза, кисть руки, черты лица) или поведенческих характеристик (подпись, тембр голоса, клавиатурный почерк).

Надежный пароль – это главный барьер на пути взлома огромного количества данных в сети. Если не использовать современные методики создания паролей, то вполне возможно, что мошенники смогут подобрать их буквально за несколько часов с помощью специальных программ.

Во избежание риска кражи идентификационных данных, конфиденциальной информации и становления жертвой вымогательства, необходимо создавать пароли, которые могут противостоять усилиям хакеров и следовать основным рекомендациям по созданию и хранению пароля, таким как:

- в пароле должны присутствовать как буквы верхнего и нижнего регистров в раскладке русского алфавита и/или латиницы (большие и маленькие буквы), так и цифры (например, 0123456789), знаки препинания (например, – . , ; : « » `), а также специальные знаки (например, @ ~ # \$ % ^ & * () / | \ ? < >);

¹ Гавриленко Анна Дмитриевна – студент группы ИСТб-81, институт АИТС

² Папиловская Лариса Ивановна – доцент кафедры «МАУТ»

- недопустимо использование осмысленных паролей, например, имена родственников, номера документов, номер телефона, номер автомобиля, слова, которые можно найти в словаре и т.д.;
- запрещается использование пароля из рядом расположенных или повторяющихся букв и цифр на клавиатуре (например, 111, 12345, qwerty, фывап и т.д.);
- длина пароля должна составлять не менее 10 символов и знаков;
- запрещается хранение паролей, записанных на материальный носитель (бумага, дискета и т.д.) в общедоступном месте, или на виду (например, пароль, записанный на бумажке, которая наклеена на мониторе, системном блоке и т.п.);
- повторное использование паролей может скомпрометировать сразу несколько аккаунтов пользователя, поэтому каждый пароль должен быть уникальным;
- не рекомендуется менять пароли слишком часто, поскольку пользователю легче будет придумывать более длинные и сложные пароли;
- следует использовать дополнительную защиту пароля, к примеру, двухфакторную и биометрическую аутентификацию.

Поскольку в разрабатываемой информационной системе будет использоваться метод аутентификации, требующий ввод пароля, мною был проведен сбор статистической информации по используемым наборам символов в паролях, изображенный на рисунке 1.

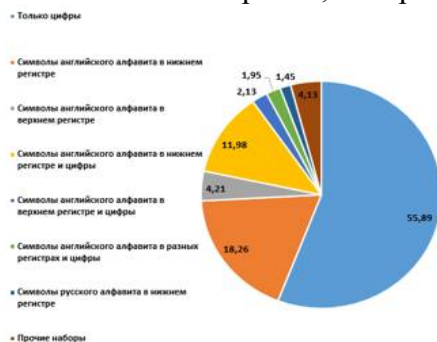


Рис. 1. Суммарная статистика по используемым наборам символов в паролях

Изучив данную статистику, можно сделать вывод о том, что в 56 % случаев в паролях используются только цифры, что повышает возможность получения доступа к информации злоумышленникам.

В основном люди пренебрегают рекомендациями по созданию и хранению паролей, даже не осознав важность последствий, но не стоит забывать, что только пользователь несет ответственность за сохранность своей личной информации в сети, поскольку большинство общедоступных сайтов не озабочены безопасностью пользовательских паролей и используют достаточно типичные алгоритмы для создания хэшей, которые взамен обеспечивают низкую нагрузку на серверы и малые финансовые затраты на поддержание работоспособности данных систем, соответственно такие пароли легко взламываются киберпреступниками с помощью программ по подбору паролей.

Независимыми специалистами по информационной безопасности были проанализированы более 500 млн. паролей, оказавшихся в публичном доступе в 2019 году. Большая часть паролей часто повторялась и была составлена без учета рекомендаций, о которых упоминалось ранее, то есть пароли были просты и примитивны, а ведь их использовали абсолютно разные пользователи из разных стран и национальностей. Обработав и проанализировав эти данные, был составлен список самых распространенных и часто повторяющихся паролей в мире, включающий в себя 200 образцов.

Первая десятка паролей, которую используют около 10 миллионов пользователей, согласно данным, оказавшимся в публичном доступе, представлена на рисунке 2.

1	12345	(2 812 220 совпадений)
2	123456	(2 485 216 совпадений)
3	123456789	(1 052 268 совпадений)
4	test1	(993 756 совпадений)
5	password	(830 846 совпадений)
6	12345678	(512 560 совпадений)
7	zxcvb	(483 443 совпадений)
8	g_cvbnm	(372 278 совпадений)
9	asdf	(359 520 совпадений)
10	qwerty	(368 762 совпадений)

Рис. 2. Часто взламываемые пароли

Кража данных является так же актуальной проблемой для любой компании и организации, поэтому в выпускной квалификационной работе мною будет реализована информационная система единой аутентификации. Для сохранения надежности и безопасности данных, идентификация и аутентификация будет происходить по автоматически сгенерированному логину и паролю, которые будут обновляться в определенные сроки. Так же, для входа в систему необходимо будет указать ФИО, отдел, подразделение и полномочия сотрудника. После этого пройти этап двухфакторной аутентификации посредством отправленного кода на устройство сотрудника и получить доступ к информационной системе. На рисунке 3 представлен алгоритм получения доступа в систему.



Рис. 3. Алгоритм получения доступа в систему

Таким образом, данная система реализует следующие задачи:

- предоставление пользователю единой учетной записи;
- доступ различных категорий пользователей к информации;
- доступ организаций к базовым ресурсам;
- взаимодействие информационных систем.

Реализация вышеперечисленных возможностей позволяет пользователям эффективно и без затруднений взаимодействовать с системой, что повышает качественный уровень в области информационных технологий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Исследование и сравнительный анализ методов аутентификации. Электронный ресурс URL: <https://moluch.ru/archive/123/34077/> (дата обращения 29.03.2022 18:29).
- 2 Идентификация и аутентификация. Электронный ресурс URL: https://studref.com/334328/informatika/identifikatsiya_autentifikatsiya (дата обращения 28.03.2022 11:03).
- 3 Единая система идентификации и аутентификации. Электронный ресурс URL: <https://1001sovetnik.ru/grazhdanskoe-pravo/chto-takoe-esia.html> (дата обращения 08.04.2022 19:49).
- 4 Исследование систем аутентификации. Электронный ресурс URL: <https://eduherald.ru/article/view?id=18090> (дата обращения 08.04.2022 09:38).

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОГРУЗКИ

А. В. Жукова¹, Л. И. Папиловская²

Введение. Изучение потребностей клиентов в грузоперевозках в ОАО «РЖД» проводит отдел маркетинга, входящий в структуру центра фирменного транспортного обслуживания (ЦФТО). Транспортный маркетинг – это совокупность мероприятий по продвижению транспортных услуг на рынок. Отдел маркетинга осуществляет исследования рынка грузоперевозок, по результатам которых вносятся предложения по расширению и повышению качества транспортных услуг, также проводит мониторинг рынка грузовых перевозок, анализирует полученные результаты, прогнозирует объемы грузовых перевозок, оценивает и формирует стратегию и тактику на рынке грузовых перевозок.

Все перевозки осуществляются на основании согласованных заявок на перевозку грузов. Прием заявок осуществляется на станции отгрузки, при условии подключения клиента к Автоматизированной системе централизованной подготовки и оформления перевозочных документов ЭТРАН, а также с помощью Электронной Торговой Площадки Транспортных Услуг (ЭТП ТУ). В соответствии с предоставленной грузоотправителем заявкой на перевозку груза оформляются документы на перевозку (накладная – для перевозки грузов в вагонах, вагонный лист – для перевозки в контейнерах) в системе ЭТРАН. Различные операции с грузом и подвижным составом фиксируются в автоматизированной системе оперативного управления перевозками (АСОУП). События, связанные с отправкой, передаются в ЭТРАН. На рисунке 1 представлена работа ЦФТО.



Рис. 1. Работа ЦФТО

Вся информация об объемах погрузки хранится в базе данных ЭТРАН, в системе предусмотрены различные виды отчетности. Формирование статистической отчетности на базе ЭТРАН предназначено для передачи данных в информационное хранилище. Я разобрала систему формирования информационного хранилища в ЭТРАН, оно представлено на рисунке 2. Источником информации является статистическая отчетность – файл FORSAS_M (таблица месячных данных). На его основании формируется отчет формы ГО-10 на погрузку (фактическое количество объемов погрузки за месяц по видам грузов).

На основании этого информационного хранилища будет строиться программа прогнозирования погрузки. Создание ИС на любой момент времени актуально, система будет обеспечивать следующее: после получения статистики из заполненных накладных она будет анализировать данные для поставленной задачи, корректировать совокупность данных, оценивать неизвестные параметры и делать прогноз на основе статистических данных о погрузке грузов.

¹ Жукова Ангелина Вячеславовна – студент группы ИСТб-81, институт АИТС

² Папиловская Лариса Ивановна – доцент кафедры «МАУТ»

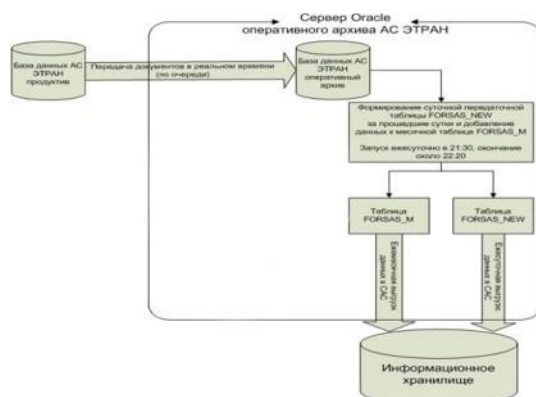


Рис. 2. Формирование информационного хранилища по грузовым перевозкам

На рисунке 3 представлена структурная схема информационной системы прогнозирования погрузки. Анализ и построение прогнозов происходят уже на основании данных статистического отчета из ЭТРАН и впоследствии отправляются в дорожный центр фирменного транспортного обслуживания.

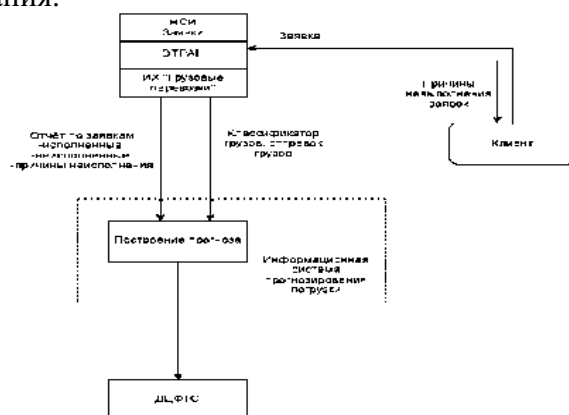


Рис. 3. Структурная схема ИС прогнозирования погрузки

Основой работы является построение модели погрузки на основании методов статистической отчетности. В настоящее время насчитывается более 150 методов прогнозирования. Применение того или иного способа зависит от характера грузопотока, его сезонности, стабильности. Методы прогнозирования делятся на 2 группы: интуитивные, формализованные (математические модели). Формализованные разделяются на модели предметной области и модели временных рядов. Модели временных рядов – математические модели прогнозирования, которые стремятся найти зависимость будущего значения от прошлого внутри самого процесса и на этой зависимости вычислить прогноз.

При прогнозировании погрузки грузов будут рассматриваться интервальные временные ряды. В качестве показателя времени могут указываться либо определенные моменты времени, либо отдельные периоды (месяцы) на погрузке. Анализ будут подвергаться ряды со случайными значениями уровней. Успешность статистического анализа развития процессов во времени во многом зависит от правильности построения рядов динамики. Большое значение имеет выбор интервалов между соседними уровнями ряда. Для построения прогноза погрузки будут использоваться равноотстоящие друг от друга во времени уровни ряда.

На практике для количественной оценки динамики явлений широко применяются аналитические показатели: абсолютные приросты, темпы роста, темпы прироста. При анализе временного ряда объемов погрузки будут рассчитываться цепные и средние показатели. Наибольший интерес для статистического анализа будут представлять: средний абсолютный прирост, средний темп роста, средний темп прироста, так как эти показатели – обобщающие характеристики.

Чтобы увидеть закономерности развития явлений во времени, можно найти кривые роста путем аналитического выравнивания динамических рядов. Самая простая экспоненциальная (показательная) кривая имеет следующий вид: $y(t) = a * b^t$. Прологарифмировав это

выражение, можно получить простой многочлен: $\log(y(t)) = \log(a) + t * \log(b)$. Если принять $\alpha = \log(a)$ и $\beta = \log(b)$, то уравнение приобретает вид: $\log(y(t)) = \alpha + \beta * t$.

Для оценки параметров применяют метод наименьших квадратов (МНК). Можно воспользоваться упрощенными подходами, в соответствии с которыми параметры прямой определяются как:

$$\alpha = \frac{\sum_{t=1}^n \alpha(t) \cdot \log(y(t))}{M}, \quad \beta = \frac{\sum_{t=1}^n \beta(t) \cdot \log(y(t))}{M},$$

где $\alpha(t) = \sum_{t=1}^n t^2 - t \cdot \sum_{t=1}^n t$, $\beta(t) = t \cdot n - \sum_{t=1}^n t$, $M = n \cdot \sum_{t=1}^n t^2 - \left(\sum_{t=1}^n t \right)^2$.

Зная значения α и β , нетрудно найти параметры a и b экспоненциальной кривой. Одним из наиболее распространенных методов прогнозирования является экстраполяция, продление в будущее тенденции, наблюдавшейся в прошлом. Экстраполяция тенденций сравнительно широко применяется на практике в силу ее простоты, возможности осуществления на основе относительно небольшого объема информации. Экстраполяция дает описание некоторого общего будущего развития объекта прогнозирования.

Построим прогноз объемов погрузки для следующих групп грузов: химические и минеральные удобрения, зерно, нефть и нефтепродукты, лесные грузы, промышленные товары. Объемы погрузки грузов в 2016-2020 годах представлены в таблице 1.

Таблица 1

Объемы погрузки грузов на железной дороге в 2016-2020 годах

Тип груза	2016	2017	2018	2019	2020
Химические и минеральные удобрения	64,14912	62,16	59,2	60,5	61,5
Зерно	29,36556	28,455	27,1	21,8	27,9
Нефть и нефтепродукты	256,163	248,22	236,4	208,8	208,8
Лесные грузы	49,52052	47,985	45,7	40,7	40,7
Промышленные товары	134,1497	129,9	123,8	124	131,6

В таблице 2 рассчитываются основные параметры временных рядов.

Таблица 2

Расчет основных параметров временных рядов

Тип груза	2016	2017	2018	2019	2020	Средний уровень ряда	Ср. абсолютный прирост	Ср. темп роста	Ср. темп прироста, %
Химические и минеральные удобрения	64,149	62,16	59,2	60,5	61,5	61,50182	-0,66228	98,95 %	-1,75
Зерно	29,365	28,45	27,1	21,8	27,9	26,92411	-0,36639	98,73 %	-1,27
Нефть и нефтепродукты	256,16	248,2	236,4	208,8	208,8	231,6766	-11,8407	95,02 %	-4,98
Лесные грузы	49,520	47,98	45,7	40,7	40,7	44,92110	-2,20513	95,21 %	-4,79
Промышленные товары	134,14	129,9	123,8	124	131,6	128,7079	-0,63742	99,52 %	-0,48

Расчет коэффициентов экстраполяции для временных рядов (для каждого из грузов) представлены в таблицах 3-7.

Таблица 3

Расчет коэффициентов экстраполяции для временных рядов (химические и минеральные удобрения)

Химические и минеральные удобрения	2016	2017	2018	2019	2020
y(t)	64,14912	62,16	59,2	60,5	61,5
log y(t)	1,807191	1,793511	1,772322	1,781755	1,788875
$\alpha(t)$	40	25	10	-5	-20
$\beta(t)$	-10	-5	0	5	10
A	2,7586				
B	0,0024				
A	57,59				
B	1,5				

Таблица 4

Расчет коэффициентов экстраполяции для временных рядов (зерно)

Зерно	2016	2017	2018	2019	2020
y(t)	29,36556	28,455	27,1	21,8	27,9
log y(t)	1,467838	1,454159	1,432969	1,338456	1,445604
$\alpha(t)$	40	25	10	-5	-20
$\beta(t)$	-10	-5	0	5	10
α	4,6308				
β	0,187				
a	27,6				
b	1,23				

Таблица 5

Расчет коэффициентов экстраполяции для временных рядов (нефть и нефтепродукты)

Нефть и нефтепродукты	2016	2017	2018	2019	2020
y(t)	256,16304	248,22	236,4	208,8	208,8
log y(t)	2,408516469	2,39483677	2,373647472	2,31973	2,3197305
$\alpha(t)$	40	25	10	-5	-20
$\beta(t)$	-10	-5	0	5	10
α	6,37				
β	0,0246				
a	242,56				
b	1,01				

Таблица 6

Расчет коэффициентов экстраполяции для временных рядов (лесные грузы)

Лесные грузы	2016	2017	2018	2019	2020
y(t)	49,52052	47,985	45,7	40,7	40,7
log y(t)	1,694785196	1,6811055	1,6599162	1,609594	1,6095944
$\alpha(t)$	40	25	10	-5	-20
$\beta(t)$	-10	-5	0	5	10
α	4,13				
β	0,07				
a	45,67				
b	1,15				

Таблица 7

Расчет коэффициентов экстраполяции для временных рядов (промышленные товары)

Промышленные товары	2016	2017	2018	2019	2020
$y(t)$	134,14968	129,99	123,8	124	131,6
$\log y(t)$	2,127589641	2,11390994	2,092720645	2,093422	2,1192559
$\alpha(t)$	40	25	10	-5	-20
$\beta(t)$	-10	-5	0	5	10
α	5,43				
β	0,0019				
a	128,896				
b	1,004				

На основании найденных параметров были получены прогнозные значения на 2021 год. Результаты экстраполяции и реальные объемы погрузки представлены в таблице 8.

Таблица 8

Анализ полученных результатов

Тип груза	Прогнозные значения	Реальные значения
Химические и минеральные удобрения	70,16	65
Зерно	29,60	25
Нефть и нефтепродукты	223,163	217,5
Лесные грузы	48,975	41,8
Промышленные товары	129,06	126,6

Далее в своей работе предполагаю на основе представленного метода строить прогноз объемов погрузки для грузов, которые будут учитываться в системе на предстоящие годы. Данная математическая модель может выступать в качестве метода прогнозирования с применением корректировок пользователя. Для железнодорожного транспорта важно выполнять планирование размеров перевозок. Планирование позволит определить какое количество технических средств понадобится для осуществления перевозки предполагаемого объема грузов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Приказ Минтранса России от 27.07.2015 N 228 (ред. от 18.07.2017) «Об утверждении правил приема перевозчиком заявок грузоотправителей на перевозку грузов железнодорожным транспортом» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.consultant.ru> (Дата обращения: 20.04.22)
- 2 Автоматизированная система «Централизованной подготовки и оформления перевозочных документов» (АС ЭТРАН) [Электронный ресурс] URL: https://studopedia.ru/7_31904_avtomatizirovannaya-sistema-tsentralizovannou-podgotovki-i-oformleniya-perevozhnich-dokumentov-as-etran/ (Дата обращения: 19.04.22)
- 3 Единое корпоративное информационное хранилище МПС: взгляд с уровня дороги [Электронный ресурс] URL: <https://company.rzd.ru/ru/9401/page/78314?id=766> (Дата обращения: 19.04.22)
- 4 Назначение и структура системы фирменного транспортного обслуживания. Основные функции структурных подразделений системы [Электронный ресурс] URL: <https://helpiks.org/7-26045.html> (Дата обращения: 22.04.22)
- 5 Погрузка на сети ОАО «РЖД» (2016-2020) [Электронный ресурс] URL: <https://company.rzd.ru> (Дата обращения: 23.04.22)
- 6 Показатели анализа ряда динамики [Электронный ресурс] URL: https://studopedia.ru/8_197387_pokazateli-analiza-tyada-dinamiki/ (Дата обращения: 10.04.22)
- 7 Правила приема перевозчиком заявок грузоотправителей на перевозку грузов железнодорожным транспортом [Электронный ресурс] URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_190609/d6a92105c96c514c2359ca99edb0f635d7bc4cfa/ (Дата обращения: 20.04.22)

СИСТЕМА УЧЕТА СЕРВЕРНОГО СЕГМЕНТА

С. А., Киселев¹, Л. И. Папиrowsкая²

Введение. Облачные вычисления и системы облачного хранения настолько интенсивно завоевали свою популярность в передачи информации и предоставления функций в Интернете, что одни компании предлагают большой спектр услуг и функции доступа к облачным сервисам данных. Сервис облачных хранилищ предоставляют клиентам пространство для использования и хранения данных. Большинство больших организаций используют частные облака. Что такое частное облако и чем оно отличается от публичного облака? Частное облако – дает доступ к одной компании и предоставляет доступ к безопасной сети, в которой клиент обеспечивает обмен и хранения важных данных и программ. Обширные потребности в облачных вычислениях и хранении требуют различных типов серверов, сетей и устройства хранения.

В Российской Федерации функции управления железнодорожным транспортом принадлежат ОАО «Российские железные дороги» (ОАО «РЖД»). В корпоративной вычислительной сети ОАО «РЖД» принципы построения современных интернет-вычислений нашли своё отражение в организации центров обработки данных (ЦОД), что можно рассматривать как реализацию облачных вычислений в корпоративной вычислительной сети (КВС). Главной задачей центра обработки данных (ЦОД) – это предоставить неограниченные ресурсы для обеспечения бесперебойной работы важных процессов. Предоставить доступ к источникам хранения данных, а также выдача информации по различным запросам пользователей.

На начало 2019 г. «Интегрированные вычислительные ресурсы ГВЦ составляют 12 промышленных серверов класса Мейнфрейм, с общей производительностью 69,7 тыс. MIPS (миллион операций в секунду) и 217 серверов промышленного класса, а ещё 3223 иных серверов, из которых более 1300 серверов архитектуры x86 составляют виртуальную инфраструктуру». Что предоставляет собой Мейнфрейм – это большая вычислительная машина или универсальный отказоустойчивый сервер обеспечивающий большой запас ресурсами ввода-вывода, а ещё с увеличенным объемом оперативной памяти (ОЗУ) и внешней памяти, которая используется для большой обработки данных. Мейнфрейм использует большое количество дисковой памяти для обеспечения ресурсов серверов может достигать таких цифр как 6,5 петабайт. В состав СПД входит более 91 тыс. единиц используемых сетевых устройств; 700 информационных систем, в которые входят более 500 типовых; 1900 автоматизированных рабочих мест пользователей.

Основная часть ИТ-инфраструктуры после консолидации вычислительных ресурсов сосредоточена в ЦОД-ГВЦ собственно, где решаются задачи центрального уровня (ЭТРАН, ЭТД, ЭТЗП и др.), и в двух центрах обработки данных - задачи сетевого уровня (АСУ ГП, АСУ ПП, ЕК АСУФР, ЕК АСУТР). Следует также обратить внимание на реализованные проекты по консолидации дата-центров из десятка ИС, размещенных на серверах с архитектурой x86. Результатом интеграции информационных систем является оптимизация затрат на обслуживание информационных систем, управление вычислительными ресурсами и оптимизация их использования, обеспечение необходимого уровня резервирования и отказоустойчивости программно-аппаратного комплекса и, в конечном итоге, повышение доступности и качества информационной системы. Предоставляемые ИТ-услуги. Дата-центр тесно сотрудничает с дорожным информационным центром. ЦОДы существуют в тесном взаимодействии с дорожными ИВЦ.

В машинном зале Самарского ИВЦ около 76 серверных шкафов, в каждом находится 40 юнитов. Оборудование, установленное в серверный шкаф, может занимать 1-4 юнита. Серверный шкаф может находиться в открытом и закрытом состоянии, полный, пустой или полупустой. Для обеспечения работоспособности всех компонентов и систем ЦОД-ИВЦ в рабочем состоянии, следует в положенное время устранение неисправностей и предупреждение сбоев, а также в положенное время техническое обслуживание. Для этих целей и существуют системные администраторы. Системный администратор следит за состоянием ЦОД, осуществляет обход и осмотр всей обслуживаемой инженерной инфраструктуры. В

¹ Киселев Сергей Анатольевич – студент группы ИСТб-81, институт АИТС

² Папиrowsкая Лариса Ивановна – доцент кафедры «МАУТ»

случае отказа оборудования, которое возникает не позже 5 минут, проверит выполнение восстановления автоматического ввода резерва или производит ввод резервного оборудования вручную. В функции системного администратора входит размещение нового оборудования и его настройка. При этом возникает ряд проблем: при обслуживании серверных шкафов необходимо знать их расположение, тип, схему включения в сеть электропитания, загруженность, чтобы при поступлении нового оборудования, не приходилось ходить и смотреть, куда можно его разместить. Бывают случаи, когда приходится переносить серверный шкаф, чтобы разместить новое оборудование согласно требованиям поставщика. Серверные шкафы находятся в открытом и закрытом состоянии и возникает проблема с поиском ключа и осмотра серверных шкафов. Из-за частого их перемещения, возникает проблема с поиском необходимого серверного оборудования. На рисунке 1 показан жизненный цикл оборудования.

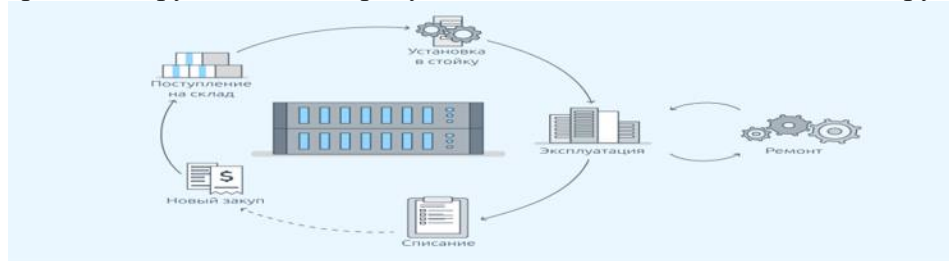


Рис.1. Жизненный цикл серверного оборудования

Цель создания информационной системы учета серверного оборудования является повышение удобства и простоты учета серверного оборудования. А также, позволит просматривать паспорт объектов, гарантийное обслуживание, даты поставки, в каком состоянии находятся серверные шкафы, их расположение, схема включения в электронную сеть.

Проанализировав поставленную проблему от администраторов ИВЦ, будет разработана информационная система, в которой будут реализованы базы данных и интерфейс ввода, корректировки и поиска:

1. Расположения шкафов-стоек в машинных залах с нумерацией и схемой подключения.
2. Нумерации стойки, ее наименования, инвентарного номера, количества полок, идентификации оборудования внутри и на каких полках расположено.
3. Паспортов объектов, содержащих номер стойки, количество полок, идентификаторы юнитов.
4. Интерфейс генерации паспорта объекта для размещения на дверце стойки, содержащий номер стойки, количество полок, какие сервера и где расположены, ответственный.
5. Информации об оборудовании: расположение прошлое и текущее, инструкции, даты поставки, сроки гарантии и т.д.

На рисунке 2 показана структурная схема для инвентаризации сетевого оборудования. Для сетевого оборудования будет сгенерирован идентификатор, который будет содержать себе номер серверного шкафа, номер стойки, номер полки, какие сервера расположены, ключ от серверного шкафа. Информационная система будет содержать информацию об оборудовании, прошлое и текущее расположения, инструкции, даты поставки, сроки и гарантии, техподдержка, выполняемая задача и ответственный сотрудник. При поступлении нового оборудования, предполагается указывать ссылку на инструкцию и документацию в электронном виде. Информационная система будет показывать расположение серверных шкафов, возможность добавления, редактирования и удаления.

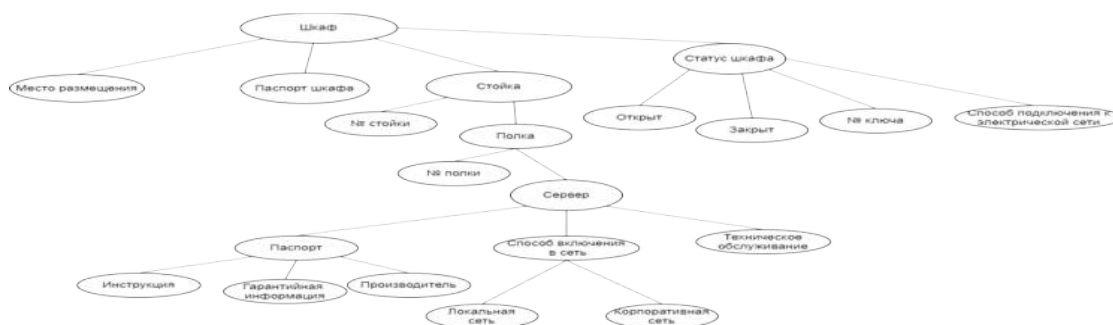


Рис. 2. Структурная схема компонентов

Система учета серверного сегмента должна поддерживать создание паспорта объекта для нового оборудования. В это входят вышеуказанные пункты: идентификатор, расположение, номер серверного шкафа, стойки, полки и наименование сервера. На случай переноса оборудования в другой отдел, система должна иметь возможность редактирования паспорта, для внесения данных о новом местоположении оборудования. При неизбежности списания устаревшего оборудования, необходимо также иметь функцию удаления старого оборудования или изменения его статуса.

Таким образом, в моем выступлении была описана проблема учета серверного оборудования на Самарском ИВЦ, а также возможные пути его решения при помощи информационной системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Архитектуры облачных систем обработки и хранения данных [Электронный ресурс] URL: <https://www.seagate.com/ru/tech-insights/cloud-compute-and-cloud-storage-architecture-master-ti/> (Дата обращения: 09.04.2022)
- 2 Что такое облачное хранилище и как используются [Электронный ресурс] URL: <https://selectel.ru/blog/cloud-storage-types/> (Дата обращения 06.04.2022)
- 3 Главные вычислительные центры ГВЦ «РЖД» [Электронный ресурс] URL: <https://www.tadviser.ru/index.php/> (Дата обращения 10.04.2022)
- 4 Что такое дата-центр (ЦОД) [Электронный ресурс] URL: <https://help.reg.ru/hc/ru/articles/4408054663825-Что-такое-дата-центр-ЦОД> (Дата обращения 06.04.2022)
- 5 Облачные технологии: основные понятия, задачи и тенденции развития [Электронный ресурс] URL: <http://swwsys-web.ru/cloud-computing-basic-concepts-problems.html> (Дата обращения 06.04.2022)

СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СИСТЕМЕ ИНТЕРАКТИВНОГО ОБУЧЕНИЯ

Е. В. Тихонова¹, О. М. Харунжина², Л. И. Папировская³

Введение. В современной России как никогда встаёт в полный рост проблема повышение качества подготовки специалистов более высокого уровня. Такая ситуация возникла по ряду причин. Одна из первых – это научно-технический прогресс. Результаты прогресса мы наблюдаем в социальной деятельности людей и в сфере образования. Как следствие, возникли разногласия между увеличивающимся объёмом информации и недостатком обучающих методик. Для решения возникшей проблемы нужны новые принципы профессионального обучения.

Термин «технология» в переводе с греческого языка означает процесс, совокупность действий, направленных на достижение поставленных целей. Основная деятельность человека. Так как основным видом деятельности человека стало производство информации, то возникает термин «информационные технологии». Эти технологии мы можем наблюдать практически во всех сферах образования. Не последнюю роль в этом играет повсеместная ин-

¹ Тихонова Елизавета Владимировна – студент группы ИСТб-81, институт АИТС

² Харунжина Ольга Михайловна – студент группы ИСТб-81, институт АИТС

³ Папировская Лариса Ивановна – доцент кафедры «МАУТ»

форматизация общества, введение компьютерной техники во все сферы производства. И к этому прибавляются ещё программы государственного уровня, направленные на информатизацию образования.

Самыми распространёнными стали термины «интерактивность» и «интерактивное обучение».

Интерактивность характеризуется умением информационной системы реагировать на действия пользователей в активном режиме. ИТ – необходимы для достижения высокого уровня обучения. Основной целью такого обучения является вовлечение сотрудников в исследовательские и образовательные процессы. Интерактивное обучение – это обучение, основанное на диалоге участников образовательного процесса, в ходе которого у обучающихся формируются навыки совместной деятельности. Это метод, при котором «все обучают каждого и каждый обучает всех».

Существует множество платформ для интерактивного/дистанционного обучения. Широко используемыми являются следующие платформы и системы: Moodle (рус. Модульная объектно-ориентированная динамическая обучающая среда), iSpring Suite (рус. АйСпринг Сьют), iSpring Learn (рус. АйСпринг Лёрн), MyLMS (рус. МайЛМС).

Немного о каждой платформе:

1. Moodle (рус. Модульная объектно-ориентированная динамическая обучающая среда) – это гибкая настраиваемая система дистанционного обучения с открытым исходным кодом, помогающая удовлетворить широкие потребности в организации обучения для образовательных учреждений и для бизнеса.

2. iSpring Suite (рус. АйСпринг Сьют) – это конструктор курсов, позволяющий создавать образовательные материалы высокого качества с применением интуитивно понятного интерфейса программы.

3. iSpring Learn (рус. АйСпринг Лёрн) – это интернет-платформа дистанционного обучения, автоматизирующая обучение в компании и позволяющая держать под контролем компетенции персонала.

4. MyLMS (рус. МайЛМС) – это облачная система дистанционного обучения, которая помогает эффективно организовывать и проводить корпоративное обучение в компаниях различного размера.

Каждая из систем имеет свои достоинства и недостатки, но все эти системы объединяют общие функции: многопользовательский доступ, т.е могут работать несколько пользователей, управление базой знаний, а также библиотеки для обучающихся и разработка материалов курсов – есть функции позволяющие разрабатывать учебно-методические и контрольные материалы курса.

Проанализировав представленные платформы, мы выделили наиболее значимые требования для разрабатываемого прототипа обучающей системы.

Самым важным требованием является – безопасность. Второе по значимости – простота интерфейса. Далее идут многоплатформенность, разные формы обучения, многопользовательский доступ, изменение дизайна.

На основе проведенного анализа составим схему прототипа информационной системы интерактивного обучения ИС ИО, она представлена на рисунке. Основным компонентом ИС ИО является: модуль обучения новых сотрудников, который создается куратором сотрудника, и представляет базу данных.

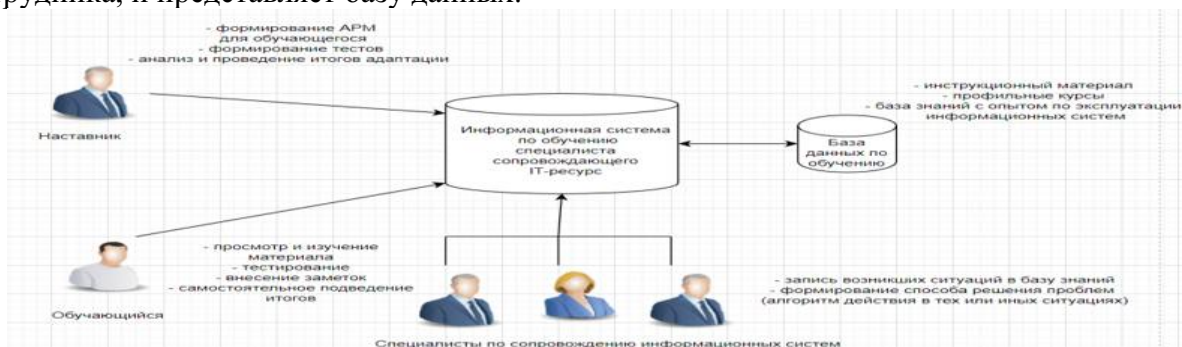


Рис. Схема разрабатываемого прототипа интерактивного обучения

База данных обучения – это базу знаний, которая содержит в себе такой материал как: ссылки на инструкционный материал, необходимые справочники, руководства по устранению неисправностей, обучающие курсы, тестовые вопросы, часто задаваемые вопросы и ответы на них и базу данных по настройкам. База данных по настройкам содержит в себе информацию по профилю специалиста.

Что такое база знаний в определённой отрасли? Это справочный центр, в котором можно сохранять важную информацию и полезные материалы (ценные наработки, важные документы, знания и опыт сотрудников и т.д.).

В прототипе системы, которая будет разрабатываться в рамках дипломной работы будет рассмотрен вариант базы знаний с накоплением опыта. Такая база знаний не будет нагружена не нужной информацией и будет поддерживать новизну информации (актуальность).

В конце рабочего дня специалист вводит информацию о проделанной работе. Это может быть информация о сбоях, ошибках, каких-либо изменениях в системе и т.д. Данная информация будет записываться в соответствующий раздел/катеорию в базе знаний. Для классификации информации по определенным категориям/разделам будет разработан «идентификатор ситуаций». Идентификатор ситуаций будет представлять собой набор информационных объектов, которые будут классифицироваться по категориям. В качестве основной задачи базы знаний мы выделяем – сокращение времени на поиск нужной информации и возможность быстрого получения ответов на возникающие вопросы. База знаний по профилю сотрудника будет включать в себя рабочее место профильного специалиста по вводу данных. Такая база будет выполнять такие функции как: обучение сотрудников, проверка тестов.

Пользователями данного прототипа системы являются: наставник, обучающийся и специалисты по сопровождению информационных систем. Наставник выполняет следующие функции: формирует рабочее место сотрудника-обучающегося, создает тесты, а также анализирует и подводит итоги адаптации к прототипу системы.

Обучающиеся могут: проходить тестирование, просматривать и изучать профильный материал, вносить заметки, просматривать рейтинг. При прохождении обучающимся курсов с использованием базы данных по обучению сотрудник может работать не только с инструкционным материалом, но и с опытом, хранимым в БЗ и управляемым специалистами. Для того чтобы обратиться к базе знаний с опытом, обучающемуся достаточно зайти в поисковую информационную систему обучения специалистов. Выбрать нужное ему направление, затем подразделение, категорию. Ввести свой запрос (ситуацию) и получить ответ.

Специалисты по сопровождению информационных систем выполняют такие функции: запись возникающих ситуаций в базу знаний, составление четкого плана (алгоритма) решения тех или иных ситуаций.

В процессе разработки прототипа мы считаем самыми необходимыми качествами системы:

- 1) легкость доступа к определенным ресурсам и настройка на пользователя;
- 2) идентификация пользователей: запись в электронный журнал;
- 3) дружелюбный интерфейс;
- 4) компетентность прототипа.

Четвертое качество подразумевает собой какие данные необходимо изучить обучающемуся, именно наставник занимается поиском и подборкой этой информации.

Рассмотрев множество подобных систем интерактивного обучения, мы разработаем собственный прототип. Учтём недостатки проанализированных систем, и постараемся исключить возможные риски, минимизировать затраты и повысить эффективность работы базы знаний.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Блинов В.И. Развитие интерактивных методов обучения/ В.И. Блинов, В.Г. Виненко, И.С. Сергеев. - М.: Изд-во Юрайт, 2015. - 315 с.
- 2 Информационные технологии как средство интерактивного обучения [Электронный ресурс]. URL: <https://ppt-online.org/881433>
- 3 Интерактивные технологии обучения в современной системе образования [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/interaktivnye-tehnologii-obucheniya-v-sovremennoy-sisteme-obrazovaniya>
- 4 Ананьев И.И. Использование информационной системы для организации образовательного процесса /

- И.И. Ананьев, П.И. Ананьев, А.В. Бобров // Измерение, контроль, информатизация. Барнаул, 2007. С. 161-163.
- 5 Бондаренко Е.А., Журин А.А., Милютин И.А. Технические средства обучения / Под ред. А.А. Журин. М., 2004.
- 6 Платформы для интерактивного обучения [Электронный ресурс]. URL: <https://soware.ru>

ПРИМЕНЕНИЕ RPA ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ НАСТРОЕК ПО КОНТРАГЕНТАМ ОАО «РЖД» ДЛЯ ПЕРЕХОДА НА ЮЗЭДО

Е. Д. Филимонова¹, Л. И. Папиловская²

Введение. В современном мире люди стремятся максимально автоматизировать любые однотипные производственные процессы для того, чтобы достигнуть высокой эффективности предприятия и сконцентрировать внимание сотрудников на более сложных задачах. Одной из самых эффективных форм автоматизации является роботизация или, как еще ее называют, RPA технология.

RPA (RoboticProcessAutomation) – современная технология автоматизации бизнес-процессов, использующая программных роботов. Если рассматривать робота с точки зрения участия в бизнес-процессах компании, то это виртуальный сотрудник, который нажимает на кнопки, вводит и считывает данные. Робот также может проводить простую аналитику, а с помощью ИИ – обрабатывать данные по сложным алгоритмам. В отличие от человека робот имеет идеальную память, он всегда на работе, не ошибается, выполняет операции намного быстрее.

Роботизация активно используется во многих сферах, где большую значимость представляет служба клиентской поддержки. В ОАО «РЖД» эту функцию выполняет ЕСПП – единая система поддержки пользователей. В том случае, когда пользователю какого-либо структурного подразделения ОАО «РЖД» требуется настройка юридически значимого электронного документооборота (ЮЗЭДО) с контрагентом, он направляет обращение в ЕСПП. Технологи информационно-вычислительного центра занимаются обработкой таких обращений вручную, затрачивая 25 минут на каждое согласно ОКС LO 116 Межкорпоративный ЭДО. Настройка ЭДО (ЮЗЭДО) – сотрудник. В него входят анализ объекта, вход в учетную запись, выполнение действий в АСУ, анализ значений в справках, заполнение полей в ЕСПП.

В таблице приведены данные по количеству обращений и трудозатратам за разные периоды времени.

Таблица

Трудозатраты			
	1 полугодие 2020	1 полугодие 2021	1 квартал 2022
Общее количество обращений	791	500	553
Количество исполнителей	6	8	8
Общие трудозатраты, мин	19 775	12 500	13 825
Трудозатраты исполнителя, мин	3 295	1 563	1 728

Проанализировав трудозатраты, можно сделать вывод о том, что в среднем 5 % рабочего времени тратится на выполнение однотипных операций, которые поддаются алгоритмизации и могут быть роботизированы.

Под роботизацию плохо подходят лишь процессы, использующие не формализованные признаки, основанные на интуитивной интерпретации ситуации и имеющие непредсказуемые внешние факторы, где исключен своевременный контроль результата. В таких ситуациях единственный выход – комбинировать роботизацию с ручным принятием решений можно:

- разделить процесс на этапы, где механическую часть исполняет робот, а принятие

¹ Филимонова Елизавета Дмитриевна – студент группы ИСТб-81, институт АИТС

² Папиловская Лариса Ивановна – доцент кафедры «МАУТ»

решений – человек;

- применить сортировку предметов обработки уже в процессе исполнения сценария, а при возникновении сомнительных признаков робот будет отправлять операцию на ручное исполнение сотруднику, все остальное робот выполняет самостоятельно.

На рисунке изображен алгоритм обработки обращения роботом с возможным ручным принятием решения.

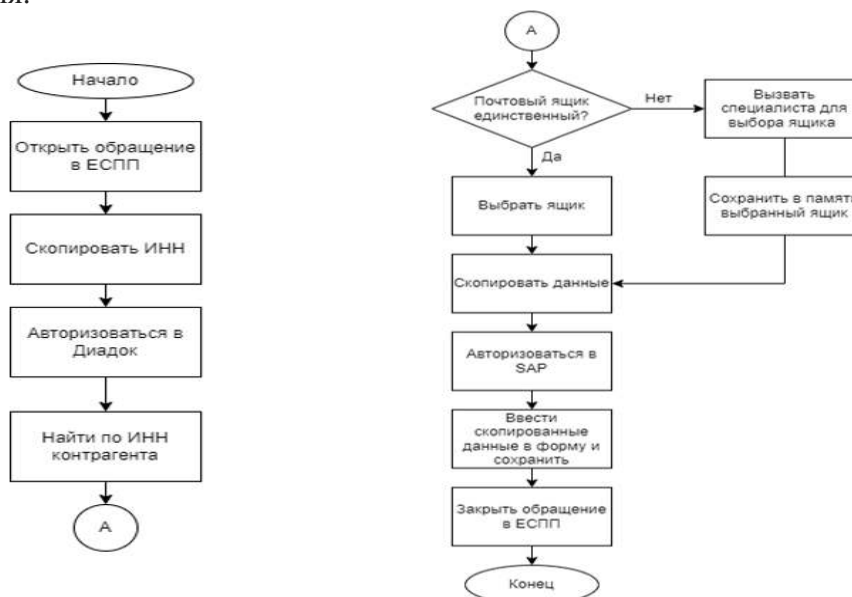


Рис. Алгоритм действий робота

В случае обнаружения нескольких ящиков у контрагента в Операторе «Диадок», производится вызов технолога для выбора нужного ящика. После выбора робот завершает настройку ЮЗЭДО и закрывает обращение.

Главное преимущество программного робота – взаимодействие с пользовательским интерфейсом. Это позволяет нам произвести автоматизацию длинных процессов, использующих большое количество систем. Также мы не привязаны к наличию API у систем, что позволяет нам роботизировать как обычные офисные приложения, так и сложные ERP-системы.

Таким образом, программные роботы позволяют экономично автоматизировать мелкие операции на большом предприятии и не требуют глобальных изменений корпоративных информационных систем. В результате внедрения RPA увеличивается эффективность производства, снижаются экономические затраты, внимание сотрудников концентрируется на более сложных интеллектуальных задачах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 RPA| Роботизация процессов глазами аналитика [Электронный ресурс] URL: <https://habr.com/ru/post/493724/> (Дата обращения: 20.04.2022)
- 2 Роботизация бизнес-процессов с помощью RPA [Электронный ресурс] URL: <https://www.rpa-robin.ru/blog/robotizaciya-biznes-processov/> (Дата обращения: 21.04.2022)
- 3 РЖД и Робин: Облачная фабрика программных роботов [Электронный ресурс] URL: https://www.tadviser.ru/index.php/Продукт:РЖД_и_Робин:_Облачная_фабрика_программных_роботов?
- 4 Воронцов К.В., Игловиков В.И., Стрижов В.В., Устюжанин А.Е., Хританков А.С. Проблемы проведения экспериментов и воспроизводимости исследований в науках о данных // CyberLeninka: научная электронная библиотека [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-provedeniya-eksperimentov-i-voisproizvodimosti-issledovaniy-v-naukah-o-dannyh> (Дата обращения: 23.04.2022)
- 5 Информационные системы и технологии как фактор повышения инновационной активности предприятия // eLibrary.ru: научная электронная библиотека [Электронный ресурс] URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42388437> (Дата обращения: 25.04.2022)

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПОДАЧИ С ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫМ ЦИЛИНДРОМ

В. В. Антонова¹, И. Л. Сандлер²

Введение. В наше время существует большое многообразие видов приводов подач современных станков. Основными типами являются электрический привод, электро-гидравлический привод, гидравлический и пневматический приводы, а также следящие приводы. Основной задачей приводов гидравлического и электро-гидравлического типа является обеспечение относительных перемещений рабочего органа (или заготовки) со скоростью подачи в режиме формирования или обработки детали, а также в режиме позиционных (установочных) перемещений, обеспечивающих технологический процесс.

При проектировании систем управления приводами гидравлического и электро-гидравлического типа [1], немаловажным является процесс исследования и постановки эксперимента, с целью выявления наиболее уязвимых мест.

Целью данной работы является разработка адекватной имитационной модели гидравлической системы подачи станка с дифференциальным цилиндром, при отработке цикла работы быстрый подвод – рабочая подача – быстрый отвод.

В ходе разработки была получена имитационная модель гидравлической системы подачи с дифференциальным цилиндром на базе пакета FluidSIM Hydraulic [2], изображенная на рисунке 1.

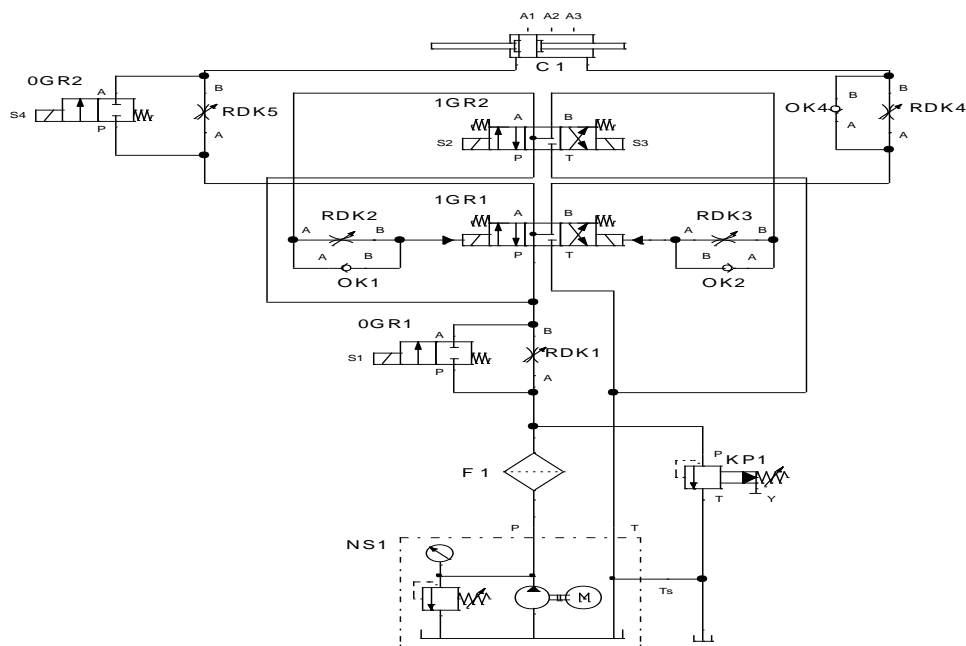


Рис. 1. Имитационная модель гидравлической системы подачи с дифференциальным цилиндром

Для обеспечения правильной работы гидравлической системы подачи при отработке цикла работы «быстрый подвод – рабочая подача – быстрый отвод», разработана имитационная модель релейно-контакторной системы управления, изображенная на рисунке 2.

¹ Антонова Виктория Вадимовна – магистрант группы гр. ИВТМ-11, институт АИТС

² Сандлер Илья Львович – старший преподаватель кафедры «МАУТ»

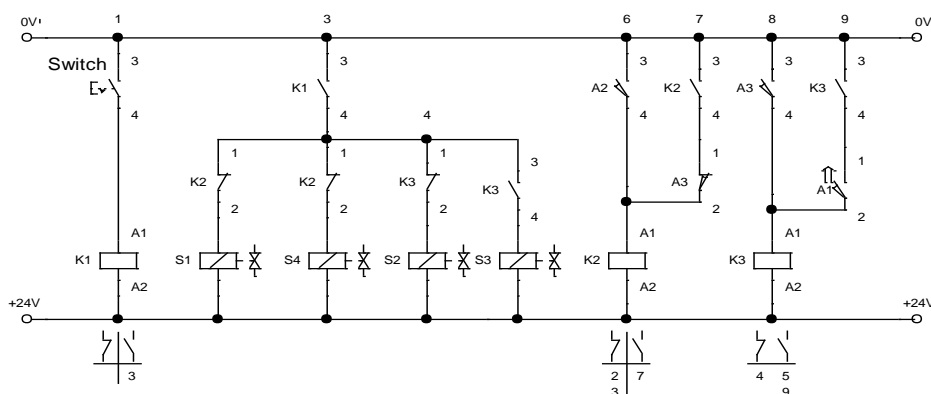


Рис. 2. Имитационная модель релейно-контакторной системы управления гидравлической системы подачи с дифференциальным цилиндром

В результате имитационного моделирования были получены переходные перемещения гидроцилиндра С1 гидравлической привода подачи с дифференциальным цилиндром, 4/3 распределителя с электрическим управлением 1GR2, 4/3 распределителя с электрогидравлическим управлением 1GR1, 2/2 моностабильного распределителя с электрическим управлением 0GR1, 2/2 моностабильного распределителя с электрическим управлением 0GR2, представленные на рисунке 3.

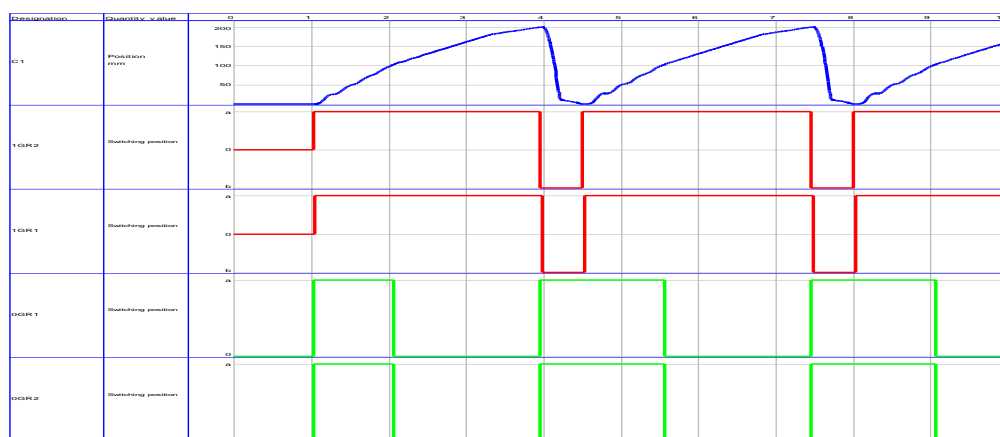


Рис. 3. Графики переходных процессов имитационной модели

Дальнейшим развитием работы является разработка информационно-измерительной системы с применением алгоритмов идентификации параметров распределителя золотникового типа [2-5], позволяющая использовать результаты данной работы в учебном процессе при подготовке бакалавров по направлению 15.03.06 «Мехатроника и робототехника», а также смежных направлений подготовки, занимающиеся имитационным моделированием.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Симанин И.А., Сазанов И.И. Гидравлика. Типовое проектирование гидравлического привода технологического оборудования: Учеб, пособие. Пенза: Изд-во Пенз. гос. технол. ун-та, 2013.
- 2 FESTO. Пневмоавтоматика. Издательство "FESTO Didactic" – 2005. – 145 с.
- 3 Ivanov D.V., Sandler I.L., Burtseva E.A., Vlasova V.N. Identification of slide valve dynamics with errors in variables . IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 560, 01.2021.
- 4 Сандлер И.Л. Рекуррентное оценивание параметров многомерных по входу и выходу разного порядка линейных динамических систем при наличии автокоррелированных помех во входных и выходных сигналах // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Физико-математические науки. 2016. №4 (40). С. 14-27.
- 5 Иванов Д.В., Козлов Е.В. Рекуррентная параметрическая идентификация линейных динамических систем при наличии автокоррелированной помехи наблюдения в выходном сигнале // Вестник Самарского муниципального института управления. 2010. №2. С. 93-99.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ 3D МОДЕЛИ ЛЕНТОЧНОГО ШЛИФОВАЛЬНО-ПОЛИРОВАЛЬНОГО СТАНКА

А. В. Болгов¹, А. П. Припутников²

Введение. Ленточные шлифовальные станки применяются для чистовой механической обработки на заключительном этапе производства. Такие станки являются необходимым оборудованием на любом слесарном, столярном, камнеобрабатывающем производстве.

Существует большое многообразие станков, которые различаются своими рабочими характеристиками, такими как мощность, конструкция и частота вращения. От необходимости характера работ зависит правильный выбор оборудования.

Для камнеобрабатывающего предприятия ленточные шлифовально-полировальные станки представляют собой достаточно тяжелый и мощный вид оборудования, и со временем такой вид станков снимают с производства. На малых камнеобрабатывающих предприятиях актуальна задача в использовании миниатюрного ленточного шлифовально-полировального станка с программным управлением для более быстрой работы с изделием и решения мелких задач.

Так же данный вид станка может применяться в учебном процессе для повышения знаний и навыков обучающегося. Именно поэтому проектирование ленточного шлифовально-полировального станка с программным управлением является актуальной задачей.

Целью работы является проектирование 3D модели ленточного шлифовально-полировального станка.

Конструкция ленточного шлифовально-полировального станка, изображенного на рисунке, включает в себя элементы: рамку; электрическую машину переменного тока; ведущий и ведомый натяжные ролики; рабочий стол установки деталей; обратный упор, а также механизм, обеспечивающий постоянное натяжение ленты при работе станка.

Шлифовально-полировальный станок, применяется для обработки различных материалов, например, древесины, пластика, металлов и других различных материалов. По средству электрического двигателя, который раскручивает абразивную ленту, натянутую между роликами, осуществляется движение ленты. Размер ленты – 50×1800 мм. Конструкцией предусмотрен поворот плиты, с установленным на ней оборудованием, на 90 градусов.

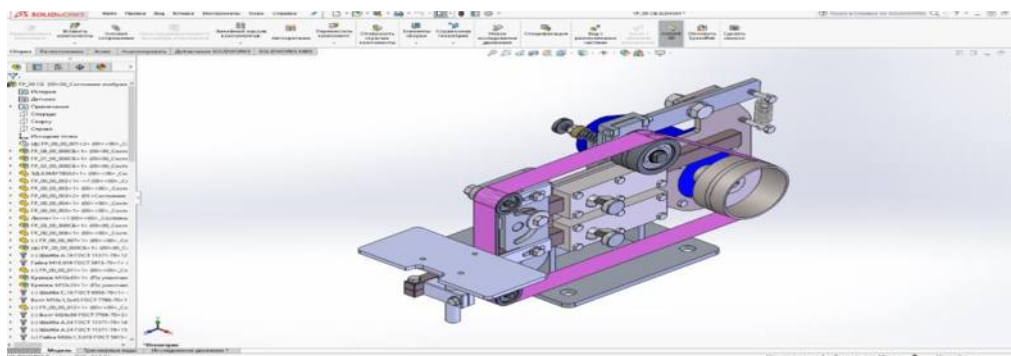


Рис. Внешний вид 3D модели ленточного шлифовально-полировального станка

Дальнейшим развитием данной работы является разработка одноконтурной системы стабилизации скорости однофазного асинхронного электродвигателя с широтно-импульсной модуляцией на базе MATLAB [1-3], с учетом результатов работ [4, 5], а также разработка функциональной и структурной схем микроконтроллерного управления спроектированным станком, алгоритма работы и программной реализации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Поршнев С.В. MATLAB 7. Основы работы и программирования. М.: Издательство: БИНОМ. 2011. – 318 с.

1 Болгов Алексей Витальевич – магистрант группы ЭТТМКм-11, факультет ПСиПМ

2 Припутников Алексей Петрович – к.т.н., доцент кафедры «МАУТ»

- 2 Герман-Галкин, Сергей Германович. Виртуальные лаборатории полупроводниковых систем в среде MATLAB-SIMULINK [Текст] : учебник / С.Г. Герман-Галкин. – Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2013. – 442 с.
- 3 Половко А.М., Бутусов П.Н. MATLAB для студента. – СПб.: БВХ-Петербург, 2005. – 320 с.
- 4 Антонова В.В., Болгов А.В., Рудаков А.А. Моделирование переходных процессов в асинхронном электродвигателе при управлении током статора и ориентации вращающейся системы координат по вектору потокоцепления ротора // В сборнике: МЕХАТРОНИКА, АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ НА ТРАНСПОРТЕ. Материалы II Всероссийской научно-практической конференции. Самарский государственный университет путей сообщения. 2020. С. 97-99.
- 5 Алексеев, К.Б. Микроконтроллерное управление электроприводом / К.Б. Алексеев, К.А. Палагута. – М.: МГИУ, 2008. – 298 с.

РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОГО ТРЕХКООРДИНАТНОГО УДАРНО-ТОЧЕЧНОГО МАРКИРОВОЧНОГО СТАНКА С ЧПУ

Д. К. Бурнаевский¹, И. Л. Сандлер²

Введение. В настоящее время станки с числовым программным управлением (ЧПУ) нашли широкое применение в промышленной сфере, так как они являются высокоэффективными системными машинами технологических процессов, например, обработка изделий различного назначения, обеспечивающие комплексную механизацию производства.

В промышленности существует необходимость в маркировке деталей и конечных изделий, для этих целей используются ударно-точечные маркировочные станки. Операторы таких станков должны обладать определенными умениями и навыками при работе со станками ЧПУ [1].

Однако для изучения языков программирования, основанных на G-функциях достаточно мало устройств, совмещающих в себе, такие показатели как: управляемость, миниатюрность и что особо важно безопасность при работе.

Таким устройством, отвечающим показателям, является координатный ударно-точечный станок, управляемый при помощи ЧПУ. В отличие от своих координатных собратьев, например, миниатюрные фрезерные и токарные станки, не могут гарантировать безопасность при работе применительно для учебного процесса.

Также, в учебном процессе при освоении компетенций важным этапом является синтез теоретических и практических знаний, поэтому, с учетом вышеизложенного, разработка лабораторного трехкоординатного ударно-точечного маркировочного станка с ЧПУ показывающего наглядную работу устройства, применяемого в учебном процессе, является актуальной задачей.

Целью данной работы является расширение материально-технического обеспечения кафедры путем разработки лабораторного трехкоординатного ударно-точечного маркировочного станка с ЧПУ с одновременным повышением уровня знаний при работе с языком программирования G-функций.

В ходе работы была спроектирована 3D модель лабораторного трехкоординатного ударно-точечного маркировочного станка с ЧПУ посредством САПР Компас 3D, изображенная на рисунке 1.

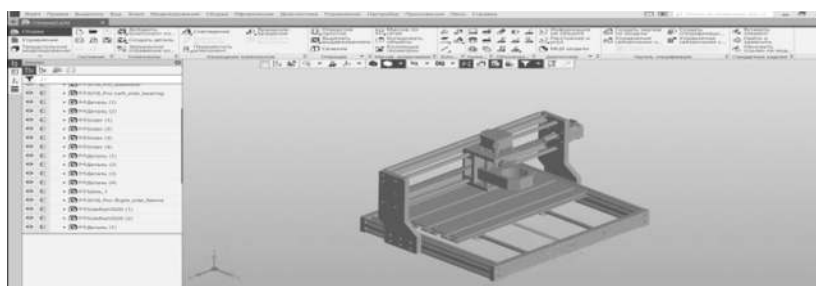


Рис. 1. 3D модель лабораторного трехкоординатного ударно-точечного маркировочного станка с ЧПУ

¹ Бурнаевский Данила Константинович – студент группы МР6-81, институт АИТС

² Сандлер Илья Львович – старший преподаватель кафедры «МАУТ»

Основными конструкционными элементами лабораторного трехкоординатного ударно-точечного маркировочного станка с ЧПУ, которые показаны на рисунке 2, являются: два алюминиевых профиля 20×40×290 мм. (рисунок 2 – А), два фанерных профиля Б и В (рисунок 2 – Б и В), два линейных вала SF10-330 мм. (рисунок 2 – Г), 50 болтов М5×16 (рисунок 2 – Х), четыре слайдера (рисунок 2 – Д), алюминиевый профиль 300×180 мм (рисунок 2 – Е), паз для установки гайки (рисунок 2 – Ж), ходовой винт 295 мм. (рисунок 2 – З), гайка (рисунок 2 – И), муфта (рисунок 2 – К), три шаговых двигателя Nema17 (рисунок 2 – Л), два фанерных профиля М и Н (рисунок 2 – М и Н), два алюминиевых профиля 20×20×360 мм. (рисунок 2 – О), два линейных вала SF10-360 мм. (рисунок 2 – П), ходовой винт 365 мм. (рисунок 2 – Р), два линейных вала SF10-110 мм. (рисунок 2 – С), ходовой винт 110 мм. (рисунок 2 – Т), зажим инструмента (рисунок 2 – У), каретка (рисунок 2 – Ф).

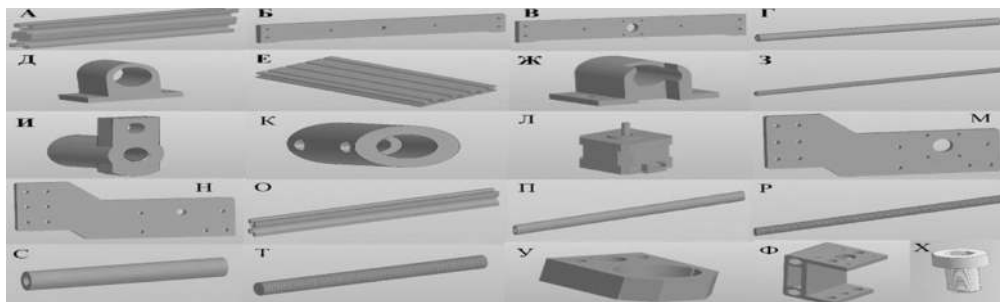


Рис. 2. Основные конструкционные элементы лабораторного трехкоординатного ударно-точечного маркировочного станка с ЧПУ

Данный станок управляется на базе микроконтроллера Arduino Uno R3 [2, 3], что позволяет полностью использовать все возможные функции при работе с лабораторным трехкоординатным ударно-точечным маркировочным станком с ЧПУ, данная платформа может обеспечить работу с программами, эмулирующими различные устройства ЧПУ (УЧПУ), например, программное обеспечение «Mach3 CNC» [4, 5].

Разработанный лабораторный трехкоординатный ударно-точечный маркировочный станок с ЧПУ может найти широкое применение в мелкосерийном производстве. Дальнейшим развитием работы является защитного корпуса и прижимных механизмов для надёжной фиксации заготовки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Фельдштейн, Е.Э. Обработка деталей на станках с ЧПУ: Учебное пособие / Е.Э. Фельдштейн. – М.: Новое знание, 2016. – 78 с.
- 2 Блум Дж. Б71 Изучаем Arduino: инструменты и методы технического волшебства. 2-е изд.: пер. с англ. – СПб.: БХВ-Петербург, 2020. – 529 с.
- 3 Петин В. А. П29 Проекты с использованием контроллера Arduino. – СПб.: БХВ-Петербург, 2014. – 400 с.: ил. – (Электроника)
- 4 Аверченков, В.И. Автоматизация подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ. Часть 1 / В.И. Аверченков. - М.: "ФЛИНТА", 2019. – 55с.
- 5 Дюваль Непрерывная интеграция. Улучшение качества программного обеспечения и снижение риска / Дюваль, М. Поль. - М.: Вильямс, 2020. – 98с.

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ДРОБНЫХ ПИД АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ ДИЗЕЛЬНЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

А. А. Жалилова¹, Д. А. Степовая²

Введение. В зарубежных и Российских изданиях за последнее годы стала все больше публикаций в области исследования по применению дробного интегродифференцирования к задачам автоматического управления к разным объектам и процессам, а также увеличилось количество успешных примеров применения интегродифференцирования в управлении реальными системами [1]. Одним из таких направлений в области управления является исследование и применение дробных аналоговых пропорционально-интегрально-дифференциальных законов управления [2, 3], а также их цифровых аналогов [4]. Также ведутся работы по анализу систем автоматического управления описываемые моделями с дробными дифференциальными операторами [5].

Одним из основных компонентов анализа является моделирование узлов и агрегатов двигателя внутреннего сгорания [6] и определение его текущего состояния по имеющейся модели, а также разработка модели цифровой системы автоматического управления и алгоритмов управления на базе ПИД-регулирования с дробными показателями [7, 8].

Основная часть. Исходя из работ [9, 10] применение дробных ПИД алгоритмов регулирования для управления дизельными двигателем с электронной системой управлением подачи топлива в цилиндры двигателя показала себе в ходе имитационного моделирования по показателю заброса частоты вращения коленчатого вала над целевым значением улучшилось на 45,5 %, по времени переходного процесса на 33,3 %, по интегральной оценке, качества на 6,8 % по сравнению с классическим ПИД регулятором.

Для увеличения точности вычисления дробного интеграла и дифференциала дробного порядка Римана – Ливиулла [1] вида

$$I_{at}^{\alpha} f(t) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \int_a^t \frac{f(\tau)}{(t-\tau)^{1-\alpha}} d\tau, \quad (1)$$

и дифференциала

$$D_{at}^{\beta} f(t) = \frac{1}{\Gamma(1-\beta)} \frac{d}{dt} \int_a^t \frac{f(\tau)}{(t-\tau)^{\beta}} d\tau, \quad (2)$$

где $\alpha \in R$ и $\beta \in R$ – вещественные показатели интегрирования и дифференцирования принимающие значения интервале от $0 \leq \alpha, \beta < 1$, $\Gamma()$ – гамма-функция, h – шаг дискретизации. При $\alpha, \beta = 1$ выражение (1,2) соответствует определенному интегралу и дифференциалу. В дальнейшем будем считать, что $a = 0$, тогда интеграл и дифференциал нецелого порядка обозначать будем следующим образом I^{α} и D^{α} .

Рассмотрим алгоритм ПИД управления на базе алгоритмов предложенных в работе (11), где приведены выражения для вычисления дробного интеграла (1) методом Грюнвальда – Летникова

$$I^{\alpha} \approx \frac{h^{\alpha}}{\Gamma(\alpha)} \sum_{i=0}^{n-1} \frac{\Gamma(i+\alpha)}{\Gamma(i+1)} f_{n-i}, \quad (3)$$

и дифференциала (2)

$$D^{\beta} \approx \frac{1}{h^{\beta} \Gamma(-\beta)} \sum_{i=0}^{n-1} \frac{\Gamma(i-\beta)}{\Gamma(i+1)} f_{n-i}. \quad (4)$$

Вычисление на ЭВМ численных значений интегралов и дифференциалов нецелого

¹ Жалилова Анна Александровна – аспирант 1-го года обучения кафедры «МАУТ»

² Степовая Дарья Андреевна – аспирант 1-го года обучения кафедры «МАУТ»

пряжка весьма затруднительно для прямых расчетов в динамических системах по представленным выражением (3, 4), так как поступление нового значения увеличивает длину вектор p до $n+1$, в связи с чем приходится пересчитывать полностью всю сумму в выражениях. Кроме этого, необходимо хранить весь массив данных от начала процесса, что невозможно по причине ограниченности физической памяти цифровых устройств.

Исходя из приведенных соображений в данной работе предлагается использовать рекуррентные алгоритмы вычисления интегралов и дифференциалов нецелого порядка (1, 2), в основе которых лежат разностные уравнения, где настоящее значение формируется в соответствии с уравнением

$$u_n = u_{n-1} + \Delta u_n. \quad (5)$$

В зависимости от способа вычисления интеграла и дифференциала вещественного порядка получим разные разностные алгоритмы нецелого порядка, отличающиеся друг от друга точностью, скоростью и сложностью вычислений, которые в последующем могут применяться в различных системах, где необходимо проводить вычисления интегралов и дифференциалов нецелого порядка с ограничениями по точности и скорости вычисления.

В рекуррентных алгоритмах вычисление значений интегралов нецелого порядка по выражениям (3, 4) неудобно, так как пересчет значений начинается с первого элемента к последнему, наиболее удобнее для рекуррентных вычислений производить вычисление от последнего элемента к первому, так как не противоречит математическому правилу «от перемены мест слагаемых сумма не меняется».

Тогда с изменением порядка суммирования выражения для вычисления интегралов и дифференциала нецелого порядка будут выглядеть следующим образом:

Определим значения I_n^α и I_{n-1}^α

$$I_n^\alpha = \frac{h^\alpha}{\Gamma(\alpha)} \sum_{i=0}^{n-1} \frac{\Gamma(i+\alpha)}{\Gamma(i+1)} f_{n-i}, \quad I_{n-1}^\alpha = \frac{h^\alpha}{\Gamma(\alpha)} \sum_{i=1}^{n-1} \frac{\Gamma(i+\alpha-1)}{\Gamma(i)} f_{n-i}.$$

Как следует из (5) приращение

$$\Delta I_n^\alpha = I_n^\alpha - I_{n-1}^\alpha = f_n h^\alpha + \frac{h^\alpha}{\Gamma(\alpha)} \sum_{i=1}^n \left(\frac{\Gamma(i+\alpha)}{\Gamma(i+1)} - \frac{\Gamma(i+\alpha-1)}{\Gamma(i)} \right) f_{n-i}.$$

Откуда рекуррентный алгоритм вычисления интеграла методом трапеций с нецелым показателем примет вид

$$I_n^\alpha = I_{n-1}^\alpha + f_n h^\alpha + \varepsilon(n), \quad (6)$$

где

$$\varepsilon(n) = \frac{h^\alpha}{\Gamma(\alpha)} \sum_{i=1}^n \left(\frac{\Gamma(i+\alpha)}{\Gamma(i+1)} - \frac{\Gamma(i+\alpha-1)}{\Gamma(i)} \right) f_{n-i}.$$

Из выражения (6) видно, что сходимость суммы уточняющего члена $\varepsilon(n)$ зависит от коэффициента при значениях интегрируемой функции $\frac{\Gamma(i+\alpha)}{\Gamma(i+1)} - \frac{\Gamma(i+\alpha-1)}{\Gamma(i)}$. Как видно из рисунка 1, что значения указанного коэффициента уже при значениях при $n > 20$ мало отличен от нуля.

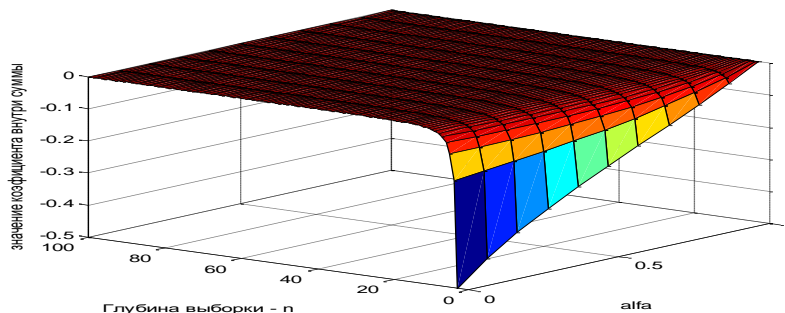


Рис. 1. Изменение коэффициента суммы $\frac{\Gamma(n+\alpha)}{\Gamma(n+1)} - \frac{\Gamma(n+\alpha-1)}{\Gamma(n)}$ от n и альфа

Для цифрового алгоритма определим значения D_n^β и D_{n-1}^β в соответствии с выражением

$$(5), \text{ для разностного уравнения (6) } D_n^\beta = D_{n-1}^\beta + \Delta D_n^\beta$$

$$D_n^\beta = \frac{1}{h^\beta \Gamma(-\beta)} \sum_{i=0}^{n-1} \frac{\Gamma(i-\beta)}{\Gamma(i+1)} f_{n-i},$$

$$D_{n-1}^\beta = \frac{1}{h^\beta \Gamma(-\beta)} \sum_{i=1}^{n-1} \frac{\Gamma(i-\beta-1)}{\Gamma(i)} f_{n-i}.$$

Как следует из (5) приращение

$$\Delta D_n^\beta = D_n^\beta - D_{n-1}^\beta = f_n h^{-\beta} + \frac{1}{h^\beta \Gamma(-\beta)} \sum_{i=1}^n \left(\frac{\Gamma(i-\beta)}{\Gamma(i+1)} - \frac{\Gamma(i-\beta-1)}{\Gamma(i)} \right) f_{n-i}.$$

Откуда рекуррентный алгоритм вычисления интеграла методом трапеций с нецелым показателем примет вид

$$D_n^\beta = D_{n-1}^\beta + f_n h^{-\beta} + \varepsilon(n), \quad (7)$$

где

$$\varepsilon(n) = \frac{1}{h^\beta \Gamma(-\beta)} \sum_{i=1}^n \left(\frac{\Gamma(i-\beta)}{\Gamma(i+1)} - \frac{\Gamma(i-\beta-1)}{\Gamma(i)} \right) f_{n-i}.$$

Из полученного выражения рекуррентного дифференцирования нецелого порядка видно, что сходимость суммы уточняющего члена $\varepsilon(n)$ зависит от коэффициента при значениях дифференцируемой функции $\frac{\Gamma(i-\beta)}{\Gamma(i+1)} - \frac{\Gamma(i-\beta-1)}{\Gamma(i)}$. Изменение коэффициента представлено на рисунке 2, из которого видно, что значение разности $\frac{\Gamma(i-\beta)}{\Gamma(i+1)} - \frac{\Gamma(i-\beta-1)}{\Gamma(i)}$ резко стремится к нулю.

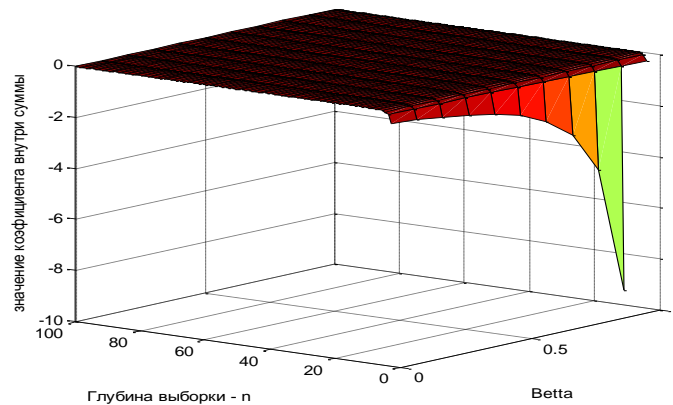


Рис. 2. Изменение коэффициента $\frac{\Gamma(n-\beta)}{\Gamma(n+1)} - \frac{\Gamma(n-\beta-1)}{\Gamma(n)}$ суммы от n и показателя дифференцирования β

Полученные алгоритмы цифровой реализации были использованы при проведении моделировании дробных ПИД алгоритмов регулирования для управления дизельными двигателем с электронной системой управлением подачи топлива в цилиндры двигателя и показала себя в ходе имитационного моделирования по сравнению с приведенными результатами в работах [11, 12], с применением новых алгоритмов [9, 10], по показателю заброса частоты вращения коленчатого вала над целевым значением улучшилось на 1,4 %, по времени переходного процесса на 1,1 %, по интегральной оценке качества на 7,2 % по сравнению с классическим ПИД регулятором.

Выводы. Как видно и приведенной работы, что алгоритмы числового вычисления дробного и интеграла и дифференциала на базе метода Грюнвальда – Летникова хоть и сложнее с точки зрения вычисления, но дают лучшие результаты управления, проверенные методом имитационного моделирования.

Испытания на базе лабораторного стенда показали, что при использовании классического ПИД регулятора расход топлива составил 0,0057 м3/ч, а при использовании дробного ПИД регулятора, предложенного в работе, составил 0,0049 м3/ч, что увеличивает экономию топлива до 0,92 % по сравнению с предложенными алгоритмами в работах [11, 12].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Бутковский, А.Г. Дробное интегро-дифференциальное исчисление и его приложения в теории управления. I. математические основы и проблема интерпретации / А.Г. Бутковский, С.С. Постнов, Е.А. Постнова // Автоматика и телемеханика. – 2013. – № 4. – С. 3-42. – EDN QСJIGX.
- 2 Авсиевич, А.В. Исследование переходных характеристик ПИД законов регулирования дробного порядка / А.В. Авсиевич, А.Л. Чернигов, Е.Ф. Салоков // Труды Братского государственного технического университета. – Братск : РИО ГОУ ВПО БрГТУ, 2004. – С. 44-47. – EDN YOVLSL.
- 3 Авсиевич, А.В. Исследование частотных свойств ПИД законов регулирования с интегральным и дифференциальным звеньями дробного порядка / А.В. Авсиевич, А.Л. Чернигов, Е.Ф. Салоков // Труды Братского государственного технического университета. – Братск : РИО ГОУ ВПО БрГТУ, 2004. – С. 41-43. – EDN YOVLVS.
- 4 Авсиевич, А.В. Алгоритм численного дробного ПИД-регулирования / А.В. Авсиевич, В.В. Авсиевич // Четвертая Международная конференция по проблемам управления : Сборник трудов, Москва, 26-30 января 2009 года. – Москва: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2009. – С. 164-168. – EDN BZFQTS.
- 5 Авсиевич, А.В. Частотные критерии устойчивости Михайлова и Найквиста для моделей систем автоматического управления с дробным порядком / А.В. Авсиевич, В.В. Авсиевич // Вестник транспорта Поволжья. – 2010. – № 1(21). – С. 35а-41. – EDN MQPGNH.
- 6 Авсиевич, В.В. Разработка имитационной модели управления газодизельным двигателем силовой установки тепловоза / В.В. Авсиевич // Вестник транспорта Поволжья. – 2021. – № 4(88). – С. 7-14. – EDN OTVYBD.
- 7 Иващенко, А.В. Усовершенствование цифровой системы управления газодизелем силовой установки тепловоза / А.В. Иващенко, А.В. Авсиевич, В.В. Авсиевич // Вестник транспорта Поволжья. – 2021. – № 4(88). – С. 24-31. – EDN VEUQQU.
- 8 Иващенко, А.В. Разработка рекуррентных алгоритмов управления газодизельным двигателем силовой установки магистрального тепловоза / А.В. Иващенко, А.В. Авсиевич, В.В. Авсиевич // Вестник транспорта Поволжья. – 2021. – № 3(87). – С. 12-21. – EDN SXPXBR.
- 9 Авсиевич, А.В. Рекуррентные алгоритмы вычисления управляющего воздействия ПИД-регулятора вещественного порядка / А.В. Авсиевич // Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте : материалы III Всероссийской научно-практической конференции, Самара, 26-27 января 2021 года. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2021. – С. 7-12. – EDN MWRQLU.
- 10 Жалилова, А.А. Рекуррентные алгоритмы вычисления интеграла и дифференциала нецелого порядка / А.А. Жалилова, А.В. Авсиевич // Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте: материалы IV Всероссийской научно-практической конференции, Самара, 26-27 января 2022 года. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2022. – С. 15-20.
- 11 Ivaschenko, A. Fractional control system simulation to modernize a locomotive dual-fuel engine / A. Ivaschenko, V. Avsievich, A. Avsievich // Modelling and Simulation 2020 - The European Simulation and Modelling Conference, ESM 2020: 34, Toulouse, 21–23 октября 2020 года. – Toulouse, 2020. – P. 242-244. – EDN JTCQQH.
- 12 Ivaschenko, A. Fractional Controlling System of an Autonomous Locomotive Multifuel Engine / A. Ivaschenko, V. Avsievich, A. Avsievich // Proceedings - 2020 IEEE Conference on Industrial Cyberphysical Systems, ICPS 2020: 3, Virtual, Tampere, 10-12 июня 2020 года. – Virtual, Tampere, 2020. – P. 425-428. – DOI 10.1109/ICPS48405.2020.9274715. – EDN UWIRNK.

АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМОЙ ГРУЗОВЫХ ПОЕЗДОВ

Р. А. Зарипов¹, В. А. Засов²

Введение. Обеспечение безопасности движения грузовых поездов, повышенных веса и длины требует совершенствования технологий контроля и управления тормозными системами поездов. Управление торможением не должно допускать возникновения в поезде в пути следования критических продольных динамических сил при различных условиях движения: в режиме изменения тяги, выбега, торможений и, особенно, в случаях применения экстренного торможения.

Действительно, даже при самой эффективной работе тормозного оборудования скорость тормозной волны не превышает 300 м/с. Поэтому процесс торможения хвостовой ча-

¹ Зарипов Рузиль Айдарович – студент группы МР6-81, институт АИТС

² Засов Валерий Анатольевич – к.т.н., доцент кафедры «МАУТ»

сти поезда может быть осуществлен только через пять-шесть секунд после начала торможения с головы состава. Такая задержка при применении экстренного торможения может вызвать динамические усилия, превышающие допустимый порог, т.е. более 100 кГс. Возникающие продольно-динамические усилия сжатия могут привести к выдавливанию вагонов из рельсовой колеи и к сходу подвижного состава [1, 2, 3].

Продольно-динамические усилия растяжения могут возникать при начале движения поезда, когда процесс растормаживания хвостовой части поезда осуществлен только через пять-шесть секунд после начала движения головы состава. Такая задержка может привести к аварийной ситуации – расцепке состава.

Тормозная система грузового поезда – это пневматическая система [1-4], основой которой является тормозная магистраль, проходящая через весь состав (рис.1). Уменьшая специальным устройством – тормозным краном машиниста (ТКМ) – давление воздуха в тормозной магистрали, машинист с помощью воздухораспределителей в каждом вагоне разрешает подачу сжатого воздуха из запасного резервуара в тормозной цилиндр. Сжатый воздух, поступающий в тормозные цилиндры, приводит в действие рычаги, которые прижимают тормозные колодки к поверхности качения колес вагонов. Заполнение тормозной магистрали сжатым воздухом компрессором локомотива приводит к отпуску тормозов.

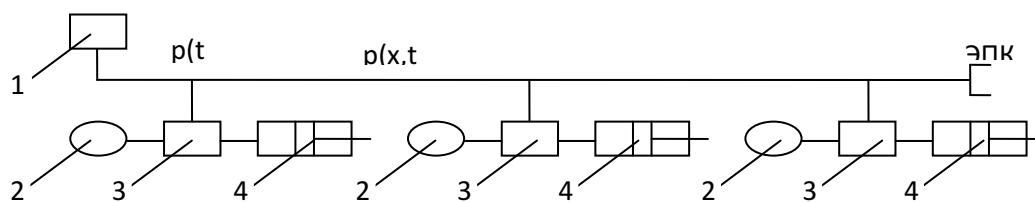


Рис. 1. Структура газодинамической модели пневматической тормозной системы грузового поезда

На рисунке 1 обозначены: 1 – тормозной кран машиниста; 2 – запасной резервуар; 3 – воздухораспределитель; 4 – тормозной цилиндр, 5 – ЭПК хвостового вагона.

Основная часть. Задачи, решаемые предлагаемой в работе системой контроля и управления тормозной системой (СКУТС) грузовых поездов можно разделить на следующие группы: контроль технического состояния тормозной системы в парке отправления; контроль технического состояния тормозной системы в пути следования; управление тормозной системой в различных режимах торможения.

Выделим следующие основные измеряемые параметры контроля тормозной магистрали [5, 6].

Время заряда (подзарядки) (рисунок 2) тормозной магистрали – время с момента перевода ТКМ из любого другого положения в положение 1 до момента появления давления первой границы трехминутного интервала, с величинами давлений на границах различающимися не более $0,05 \text{ кгс/см}^2$.

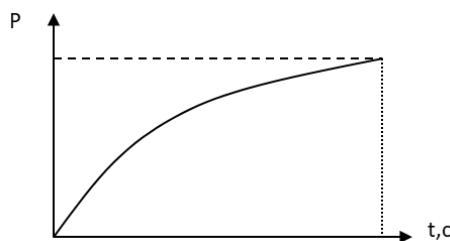


Рис. 2. Темп и время зарядки тормозной магистрали

Темп зарядки (рисунок 2) тормозной магистрали – это приращение давления в тормозной магистрали за единицу времени (параметр считается при любом изменении давления воздуха в тормозной магистрали):

$$\Delta P = \frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{\Delta P}{1} = \Delta P, \Delta t = 1 \text{ сек}$$

Время самостоятельной разрядки тормозной сети (плотность тормозной сети) – это время, за которое давление в главном резервуаре локомотива уменьшится с 8,5 до 8 кгс/см², при положении ТКМ позиция 2 (рисунок 3).

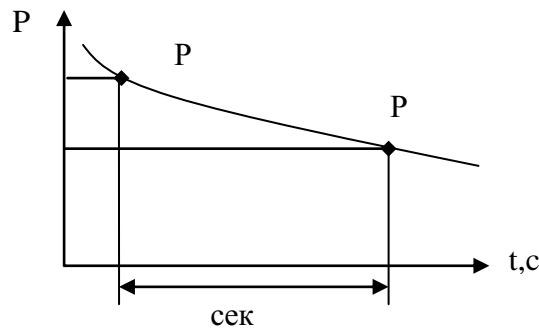


Рис. 3. Плотность тормозной магистрали при выключенном компрессоре

Скорость распространения тормозной волны поезда определяется отношением длины поезда ко времени распространения тормозной волны.

На основе измеренных параметров вычисляются дополнительные параметры: эффективное время торможения (сек) – время с момента достижения давления в тормозном цилиндре $V_{тц} \geq 0,5$ атмосфер до снижения скорости на 10 км/час; эффективный путь торможения (м) – путь, пройденный с момента достижения давления в тормозном цилиндре $V_{тц} \geq 0,5$ атмосфер до снижения скорости на 10 км/час.

Для определения места утечки в тормозной магистрали, в случае срабатывания тормозной системы в начале движения поезда, в СКУТС предлагается следующий способ [7].

В статическом состоянии поезда производится торможение и определяется полное время распространения тормозной волны t_n . Затем, при начале движения, фиксируют моменты прохода тормозной волны от искомого места утечки воздуха в тормозной магистрали до головы поезда t_1 до хвоста поезда t_2 . Номер вагона (подсчет от головы поезда), в котором нарушена герметичность тормозной магистрали определяется выражением:

$$\frac{t_1}{t_n} \times n = n_x \text{ или } \frac{t_2}{t_n} \times n = n_x, \text{ если подсчет производится от хвостового вагона.}$$

В приведенных выражениях n – это количество вагонов в составе грузового поезда. Иллюстрация предложенного способа приведена на рисунке 4.

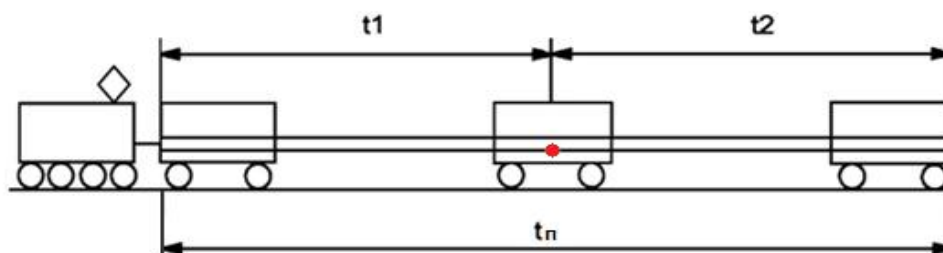


Рис. 4. Иллюстрация способа определения места утечки в тормозной магистрали в случае срабатывания тормозной системы в начале движения поезда

Возможен так же итерационная реализация предложенного способ поиска нарушения герметичности тормозной магистрали.

Два датчика давления устанавливаются на первом и последнем вагоне и при первом смещении состава определяют в какой половине поезда находится дефект. Далее, в зависимости от вычисленной половины с утечкой, один из датчиков перемещается на вагон, находящийся в середине состава, и действия повторяются снова. Состав приводится в движение, получаем данные о

временных интервалах и расчетами получаем $1/4$ часть длины грузового состава, содержащую дефектный вагон. Таким образом, продолжая итерации, находится дефектный вагон.

Структурная схема СКУТС, выполняющие сформулированные выше задачи, изображена на рисунке 5.

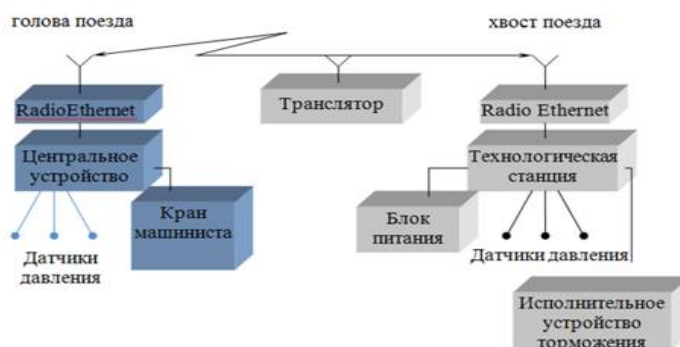


Рис. 5. Структурная схема СКУТС

Система СКУТС состоит из 2-х устройств: центрального устройства, расположенного в кабине локомотива, и технологической станции, расположенной в хвосте поезда.

Центральное устройство (ЦУ) расположено в голове поезда, в кабине локомотива. Центральное устройство включает датчики давления (ТЦ, ЗР, ТМ), которые через блок сопряжения подключаются к вычислительному устройству. Для взаимодействия с машинистом в состав системы входят технологическая клавиатура и технологический дисплей. Положение тормозного крана машиниста вводится через блок сопряжения ЦУ.

Технологическая станция (ТС) устанавливается на грузовом вагоне и содержит датчики давления, подключаемые через блок сопряжения к вычислительному устройству (ВУ), блок сопряжения с устройством торможения, развитые блоки ввода аналоговых, цифровых сигналов, адаптивного подавления помех [8] и коррекции погрешностей [9] датчиков, а также систему автономного электропитания. Общий вид ТС, установленной на грузовом вагоне, приведен на рисунке 6.



Рис. 6. Технологическая станция, установленная на грузовом вагоне

Центральное устройство и технологическая станция взаимодействуют по радиоканалу, использующему технологию RadioEthernet. Для этой цели в каждое из указанных устройств вводят средства радиодоступа. Посредством центрального устройства (ЦУ) осуществляется опрос состояния тормозного оборудования в голове и хвосте поезда и отображение его состояния на мониторе. Кроме того, центральное устройство транслирует команды ступеней торможения от тормозного крана машиниста в технологическую станцию.

В общем случае технологических станций может быть несколько и они могут располагаться по длине поезда. Такой вариант уменьшает продольные динамические усилия в составе, но стоимость и сложность возрастают.

Классификация режимов работы СКУТС приведена на рисунке 7.

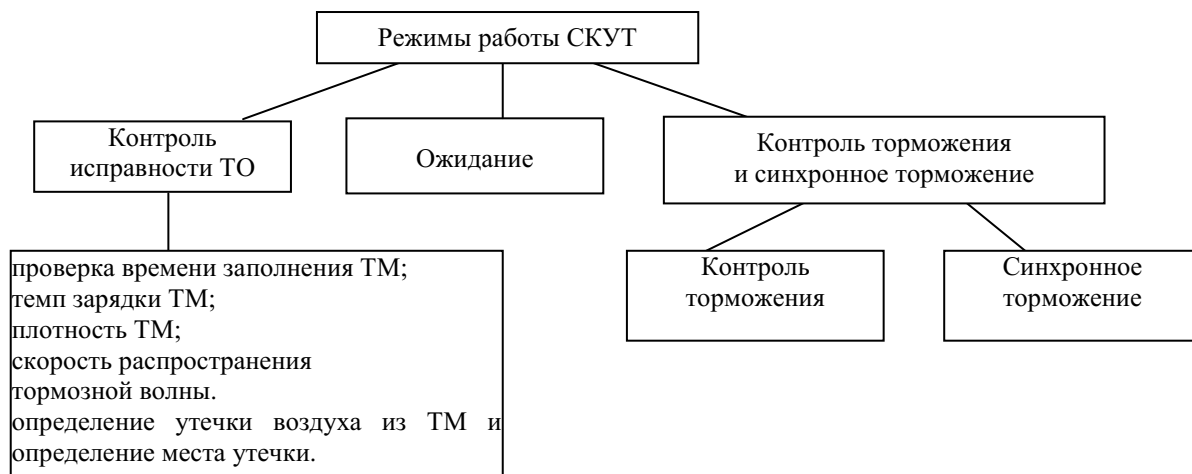


Рис. 7. Классификация режимов работы СКУТС

Режим контроля исправности тормозного оборудования (ТО) осуществляется в парке отправления и выполняются следующие операции: проверка плотности тормозной магистрали; проверка времени заполнения тормозной магистрали; проверка давления в голове состава; проверка давления в хвосте состава; результат: наличие неисправностей в системе.

В пути следования реализуется режимы контроля торможения или синхронного торможения. В этих случаях непрерывно опрашивается датчик в хвосте состава; определяется состояние давления в хвосте состава. Если давление ниже нормы (7-8 атм.), то посылается сообщение машинисту.

Торможение может осуществляться осуществляется как с головы поезда, так и синхронно – с головы и хвоста поезда одновременно (для поездов, повышенных веса и длины).

В первом режиме при изменении краном машиниста (ТКМ) из кабины локомотива давление воздуха в тормозной магистрали каждом из вагонов приводит в действие в тормозную систему.

Во втором режиме торможение осуществляется одновременно с головы и хвоста поезда. Это позволяет предотвратить превышение допустимых динамических усилий в различных сечениях поезда при торможении, которые могут привести к выдавливанию и сходу вагонов с рельсов.

Из кабины машиниста через центральное устройство посылается сообщение о начале торможения в хвостовую часть (в технологическую станцию), которая открывает электропневматический клапан (ЭПК) и начинается торможение одновременно с головной частью состава.

В случае повреждения тормозной магистрали в центральное устройство подается диагностическое сообщение. Если канал связи не работает, то торможение осуществляется только из головы поезда как в первом режиме.

Заключение. Предложенные в работе принципы и подходы к автоматизации контроля и управления тормозной системой грузовых поездов могут найти применение при разработке и реализации современных систем управления торможением грузовых поездов повышенных веса и длины,

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Гапанович В.А. Поезда «девятитысячники» от экспериментов к повседневной практике //Железнодорожный транспорт, 2005, №7, с.19-21.
- 2 Пехтерев Ф.С., Шаров В.А. Повышение веса и длины грузовых поездов на основных направлениях //Железнодорожный транспорт, 2006, №2, с.30-39.
- 3 Гребенюк П.Т. Продольная динамика поезда: Труды ВНИИЖТ – М.: Итекст, 2003. – 95с.
- 4 Лисицын А.Л., Мугинштейн Л.А. Нестационарные режимы тяги. – М.: Итекст, 2003. – 343с.
- 5 Инструкция по проверке исправности тормозов/ №277: ВНИИЖТ – М. – 1994. – 45 с.
- 6 Муртазин В.Н., Белошевич А.А., Трошков В.В. Первый шаг тяжеловеса // Железнодорожный транспорт, 2005, №7, с. 34-35.

- 7 Засов В.А., Иванов С.Ф., Качур В.И., Корбан В.В., Токарев Г.П. Устройство определения места неисправности тормозных средств поезда // Патент на полезную модель RU № 9196 от 10.4.1998г.
- 8 Засов В.А., Ромкин М.В. Адаптивный компенсатор помех в прерывистых сигналах // Патент на полезную модель RU №148878.
- 9 Засов В.А., Тарабардин М.А., Никоноров Е.Н. Адаптивный эквалайзер. Патент на полезную модель RU №104403 U1 от 10.05.2011.

ТЕСТИРОВАНИЕ ПРОГРАММНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ РЕКУРРЕНТНОГО АЛГОРИТМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С УЧЕТОМ ДЕЙСТВИЯ ПОМЕХ НА ОСНОВЕ СТОХАСТИЧЕСКОЙ АППРОКСИМАЦИИ С УСРЕДНЕНИЕМ

О. С. Иванова¹, Д. В. Иванов²

Введение. Целью работы является разработка программной реализации рекуррентного алгоритма определения параметров дискретной динамической системы с учетом действия помех на входе и выходе на основе стохастической аппроксимации с усреднением на базе программного пакета Matlab, а также графического пользовательского интерфейса GUI.

В основе программной реализации рекуррентного алгоритма определения параметров лежит модель стационарной линейной дискретной динамической системы с $i = \dots, -1, 0, 1, \dots$

$$z_i - \sum_{m=1}^r b_0^{(m)} z_{i-m} = \sum_{j=1}^d \sum_{m=0}^{r_j} a_0^{(mj)} x_{i-m}^{(j)}, \quad y_i = z_i + \xi_1(i), \quad w_i^{(j)} = x_i^{(j)} + \xi^{(j)}(i), \quad (1)$$

для которой введены обозначения: z_i, y_i – последовательности ненаблюдаемых и наблюдаемых переменных определяемые с выхода системы; $x_i^{(j)}, w_i^{(j)}$ – последовательности ненаблюдаемых и наблюдаемых переменных определяемые с j -го входа системы; $\xi_1(i)$ – последовательность случайных величин в выходном сигнале системы; $\xi^{(j)}(i)$ – последовательность случайных величин соответственно в j -м входном сигнале системы, a, b – искомые значения системы.

В [1, 2] известен метод аппроксимация с усреднением:

$$\left| \frac{\hat{b}(i+1)}{\hat{a}(i+1)} \right| = \left| \frac{\hat{b}(i)}{\hat{a}(i)} \right| - \frac{\alpha_0}{i^l} \nabla \left| \frac{b}{a} \right| \left[\frac{\left(y_{i+1} - \left(\frac{\hat{b}(i)}{\hat{a}(i)} \right)^T \phi_{i+1} \right)^2}{1 + \left(\frac{\hat{b}(i)}{\hat{a}(i)} \right)^T \hat{b}(i) + \sum_{j=1}^d \gamma^{(j)} \left(\hat{a}^{(j)}(i) \right)^T a^{(j)}(i)} \right],$$

$$\left| \frac{\hat{b}(i+1)}{\hat{a}(i+1)} \right| = \left| \frac{\hat{b}(i)}{\hat{a}(i)} \right| + \frac{1}{i} \left(\left| \frac{\hat{b}(i+1)}{\hat{a}(i+1)} \right| - \left| \frac{\hat{b}(i)}{\hat{a}(i)} \right| \right), \quad (2)$$

$$\alpha(i) = \frac{\alpha_0}{i^l}, \quad \alpha_0 > 0, \quad 0 < l < 1.$$

Данный алгоритм обеспечивает асимптотически оптимальную скорость при любых значениях стягивающего множества $\alpha(i)$, определенных выше.

Значение параметра $l = 0.5$ берется для практических задач. Величину $\alpha(i)$ необходимо выбрать больше, чем при обычной аппроксимации, что в свою очередь приведет к пере-

¹ Иванова Ольга Сергеевна – аспирант 2-го года обучения кафедры «НТТС»

² Иванов Дмитрий Владимирович – к.ф.-м.н., доцент кафедры «МАУТ»

скоку вокруг последовательности $(b_0 \mid a_0)^T$ оценок $(\hat{b}(i) \mid \hat{a}(i))^T$. Усреднения предназначены компенсировать перескоки, при этом скорость сходимости оценок $(\hat{b}(i) \mid \hat{a}(i))^T$ совпадет с максимальной скоростью определения. На основании этого предлагается определение стягивающего множителя по следующим выражениям:

$$\alpha_i = \begin{cases} \frac{2}{\hat{\Lambda}_i^{(1)} |\hat{R}_{2\phi}| \cdot (\sqrt{i} + i_{mean})}, & \frac{\hat{\omega}}{i \cdot (\hat{\Lambda}_i^{(1)} |\hat{R}_{2\phi}|)^2} \leq \delta \\ \frac{2}{\hat{\Lambda}_i^{(1)} |\hat{R}_{2\phi}| + \frac{\hat{\omega}}{\delta \cdot \hat{\Lambda}_i^{(1)} |\hat{R}_{2\phi}|}}, & \frac{\hat{\omega}_i}{i \cdot (\hat{\Lambda}_i^{(1)} |\hat{R}_{2\phi}|)^2} > \delta \end{cases}, \quad (3)$$

$$\frac{2}{\hat{\Lambda}_i^{(1)} |\hat{R}_{2\phi}| + \frac{\hat{\omega}}{\varepsilon \cdot \hat{\Lambda}_i^{(1)} |\hat{R}_{2\phi}|}} = \frac{1}{\hat{\Lambda}_i^{(1)} |\hat{R}_{2\phi}| \cdot (\sqrt{i}_s + i_{mean})}$$

Доказательство, также, как и в работах [3-5] – аналогично. Исходя из вышеизложенного разработан программный комплекс на базе программного пакета Matlab, а также графического пользовательского интерфейса GUI, фрагмент которого представлен на рисунке 1.

```

67: %%%%%%%
68: %%%%%%%
69: %%%%%%%
70: %%%%%%%
71: %%%%%%%
72: %%%%%%%
73: %%%%%%%
74: %%%%%%%
75: %%%%%%%
76: %%%%%%%
77: %%%%%%%
78: %%%%%%%
79: %%%%%%%
80: %%%%%%%
81: %%%%%%%
82: %%%%%%%
83: %%%%%%%
84: %%%%%%%
85: %%%%%%%
86: %%%%%%%
87: %%%%%%%
88: %%%%%%%
89: %%%%%%%
90: %%%%%%%
91: %%%%%%%
92: %%%%%%%
93: %%%%%%%
94: %%%%%%%
95: %%%%%%%
96: %%%%%%%
97: %%%%%%%
98: %%%%%%%
99: %%%%%%%
100: %%%%%%%

```

Рис. 1. Фрагмент кода программного комплекса

В результате тестирования рекуррентного алгоритма оценивания параметров линейной дискретной динамической системы с учетом действия помех во входных и выходных сигналах на основе стохастической аппроксимации с усреднением, которое проводилось при различных отношениях дисперсий сигналов и помех для объема выборки N, а также различных величинах стягивающего множителя α_i , получили высокую сходимость оценки параметров к истинным значениям (рисунок 2) с использованием предложенного выбора стягивающего множителя, относительно метода наименьших квадратов (рекуррентной формы), а также метода инструментальных переменных (рекуррентной формы).

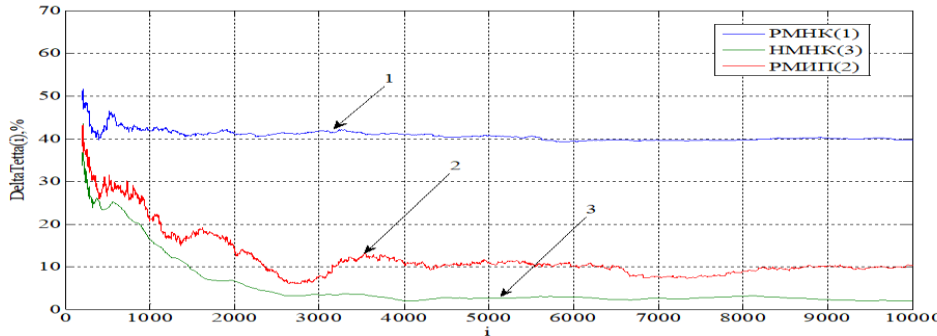


Рис. 2. График погрешностей определения параметров при $\sigma_2^{(n)} / \sigma_x = 0,5$; $\sigma_1 / \sigma_z = 0,5$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Цыпкин Я.З. Основы информационной теории идентификации. - М.: Наука, 1995. – 336 с.
- 2 Поляк Б.Т. Новый метод стохастической аппроксимации // А и Т. 1990, №7 с. 98-107.
- 3 Деревницкий Д.П., Фрадков А.Л. Прикладная теория дискретных адаптивных систем управления. – М.: Наука, 1991. -215 с.
- 4 Chen H.F. Stochastic Approximation and Its Applications. Dordrecht: Kluwer, 2002. 357 pp.
- 5 Chen H.F. A Unified Approach to Recursive System Identification/ In: Procc. 17th IFAC Symposium on System Identification, Sait-Malo, France / World Congress, 17 (Part 1), 2009. pp. 420-425.

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ШТАНГОУЛАВЛИВАНИЯ

А. А. Рудаков¹, И. В. Сургучёв², И. Л. Сандлер³

Введение. На сегодняшний день, проектирование систем управления какими-либо объектами сводится к разработке имитационной модели, поскольку она даёт возможность провести комплексный анализ исследуемого объекта, при заданных условиях [1]. Наиболее близкое описание поведения и характера реального объекта управления – главное достоинство имитационного моделирования.

Благодаря имитационной модели проверка работоспособности системы происходит задолго до изготовления прототипа устройства, ещё на стадии проектирования появляется возможность обнаружения дефектов и недочётов разрабатываемого проекта [1].

Одним из направлений имитационного моделирования является исследование пневматических систем управления, которые в отличие от гидроприводов примечательны простотой конструкции и техобслуживанием, поскольку отработавшая среда (в случае пневмопривода – воздух) в отличие от гидравлических систем сбрасывается в окружающую среду (атмосферу), а не поступает обратно в бак для последующей циркуляции по замкнутому контуру [2, 3].

Моделирование пневматических систем управления позволяет обнаружить закономерности поведения системы в зависимости от условий эксплуатации, что в конечном счёте даёт возможность повысить эффективность работы существующей системы, поэтому разработка имитационной модели пневматической системы управления штангоулавливания троллейбуса 42003А, которая адекватно отражает характер и поведение реального объекта, является актуальной задачей.

Целью данной работы является разработка имитационной модели пневматической системы управления штангоулавливания, позволяющая исследовать особенности работы при различных внешних воздействиях.

Троллейбус четвертого поколения модели АСКМ-420 (42003А) относится к классу низкопольных и оснащен двумя дверьми. Для соединения с контактной сетью, которая обеспечивает питание электродвигателя переменного тока, используется система штангоулавливания, отличительной особенностью которой является использование пневматических цилиндров.

Моделирование системы проводилось посредством программного обеспечения FLUIDSIM с использованием библиотеки PNEUMATIC. Данный программный комплекс является популярной платформой для разработки и изучения пневматических систем, например, разработка имитационных моделей рассматриваются в таких работах как [4,5], в которых приведены описания стандартных блоков библиотеки.

Принципиальная пневматическая схема системы штангоулавливания троллейбуса 42003А представлена на рисунке 1.

Разработанная имитационная модель системы штангоулавливания троллейбуса 42003А, представленная на рисунке 2, состоит из следующих блоков: выключатель кнопочный, нажимной с возвратом посредством нажатия кнопки; реле; нормально разомкнутый контакт; нормально замкнутый контакт; соленоидный клапан; цилиндр одностороннего действия с

¹ Рудаков Андрей Александрович – магистрант группы ИВТм-11, институт АИТС

² Сургучёв Иван Владимирович – студент группы МР6-81, институт АИТС

³ Сандлер Илья Львович – старший преподаватель кафедры «МАУТ»

возвратной пружиной; цилиндр одностороннего действия с пружинным воздействием; моностабильный распределитель 3/2 с электропневматическим управлением; обратный клапан с возвратной пружиной; регулируемый дроссельный клапан; воздушный компрессор; фильтр; нерегулируемый дроссельный клапан; пневмоглушитель.

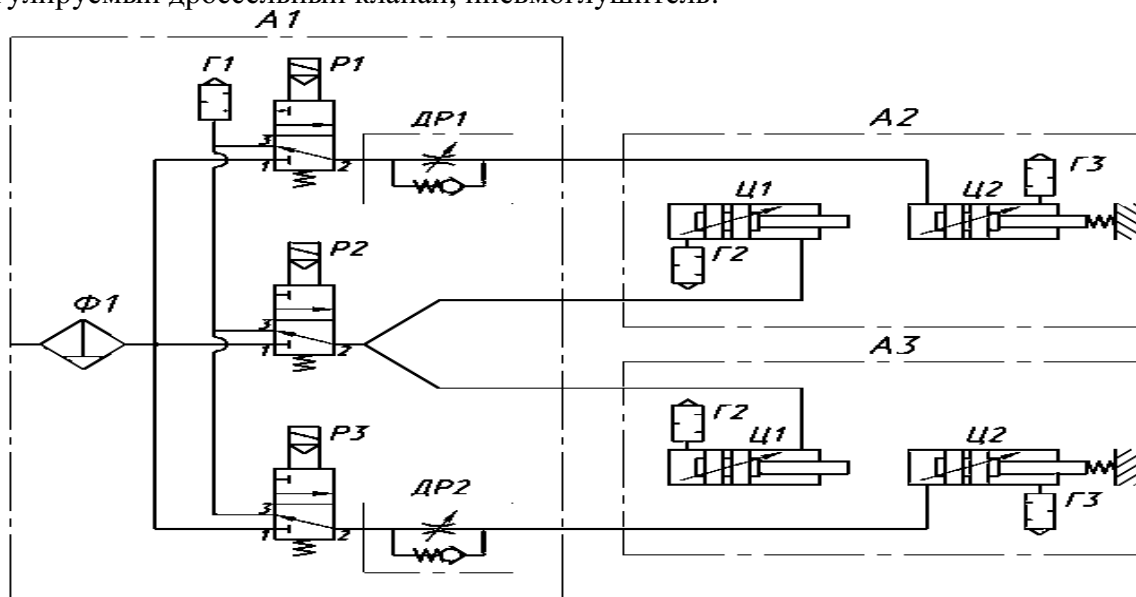


Рис. 1. Принципиальная пневматическая схема системы штангоулавливания троллейбуса 42003А

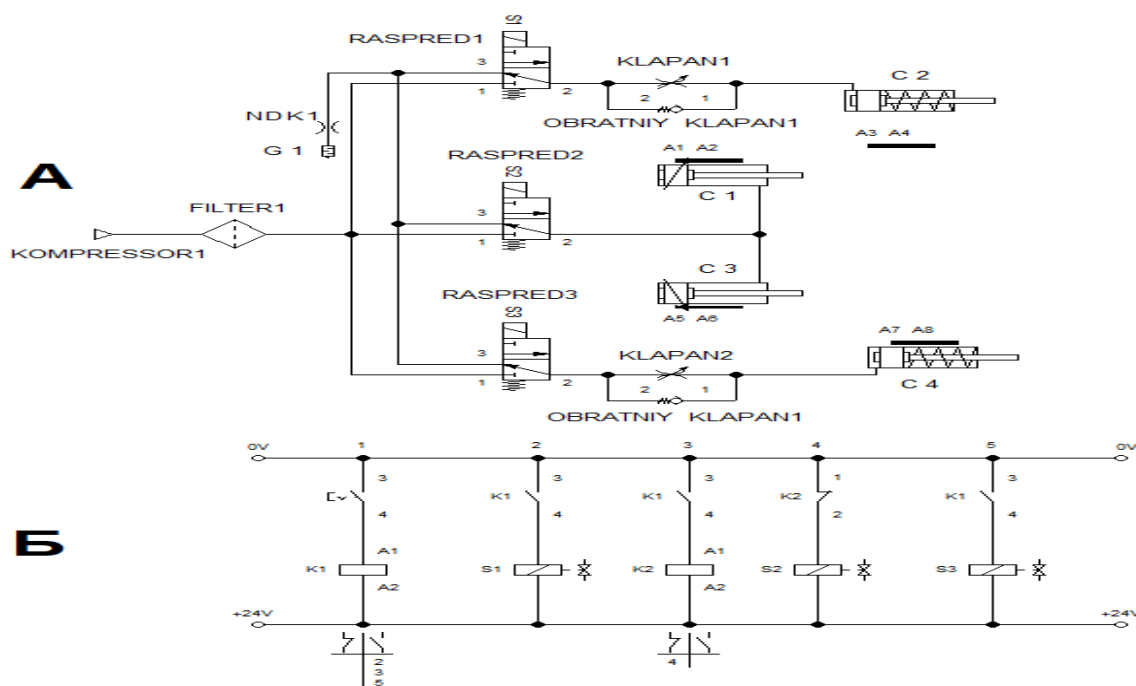


Рис. 2. Имитационная модель системы штангоулавливания троллейбуса 42003А:

А – Пневматическая модель; Б – Релейно-контакторная модель

В результате моделирования принципиальной пневматической схемы системы штангоулавливания троллейбуса 42003А были получены адекватные переходные процессы работы системы (рисунок 3), соответствующие рабочему процессу: «С1, С2, С3, С4, Position mm» – перемещения штоков цилиндров, мм; «С1, С2, С3, С4, Velocity m/s» – скорости перемещения штоков цилиндров, м/с; «С1, С2, С3, С4, Acceleration m/sl» – ускорения выдвигания и втягивания штоков цилиндров, м/с²; «С1, С2, С3, С4, Force N» – усилия, действующие на штоки цилиндров, Н.

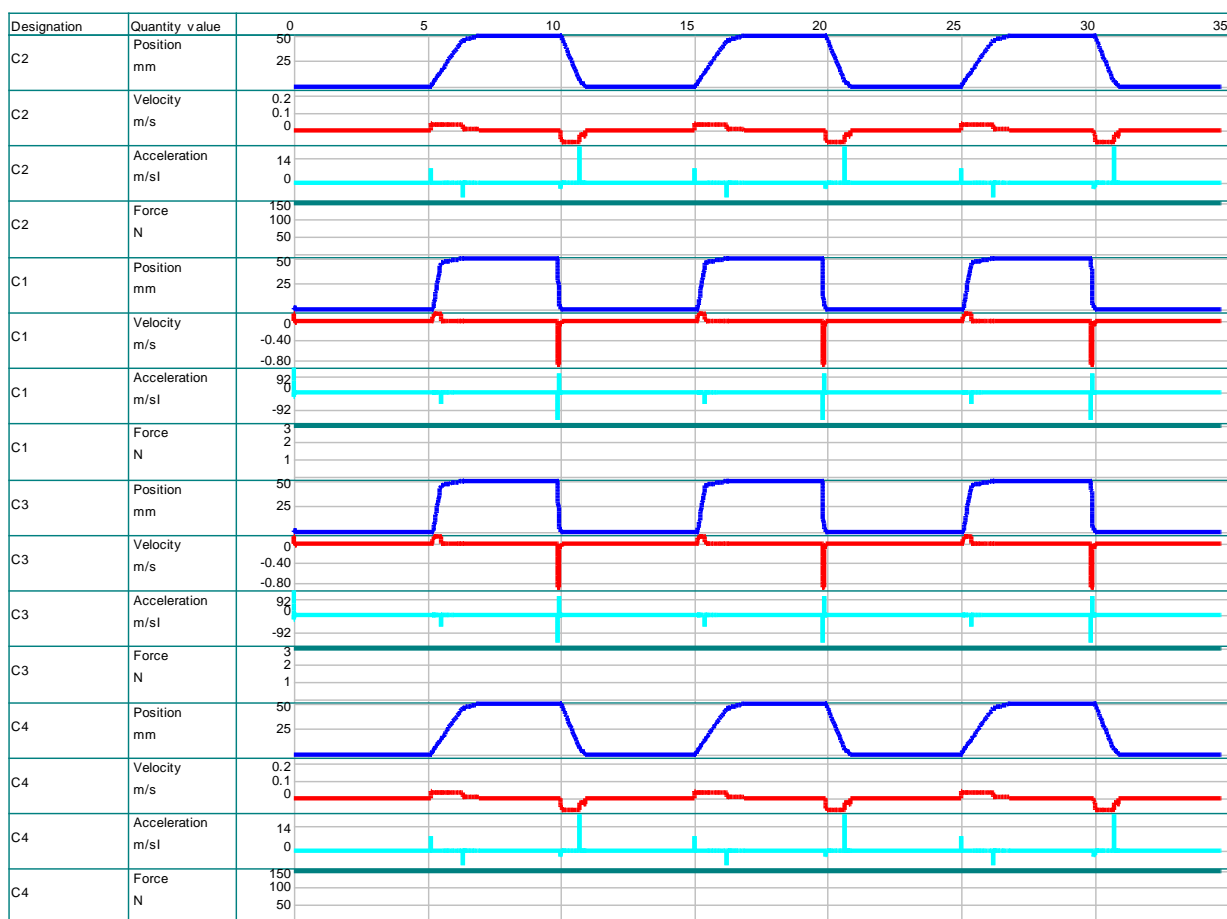


Рис. 3. Графики переходных процессов имитационной модели

Разработанная имитационная модель может найти применение при улучшении существующих штангоулавливающих систем, а также в учебном процессе при изучении пневматических систем управления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Донской А.С. Математическое моделирование процессов в пневматических приводах Учеб. пособие. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2009. – 121 с.
- 2 Наземцев А.С. Гидравлические и пневматические системы. Часть 1. Пневматические приводы и средства автоматизации: Учебное пособие. – М., ФОРУМ, 2004 – 204 с.
- 3 Пневматика для всех – Camozzi. URL: <https://did.camozzi.ru/#!d01g01s01p01>
- 4 Сафин Р.Р., Рудаков А.А., Антонова В.В., Терехин М.А. Имитационная модель сортировочной линии с пневматическими толкателями технологического процесса изготовления простейших крепежных деталей // Наука и образование транспорту. – 2020. – № 2. – С. 49-52.
- 5 Терехин, М.А. Имитационная модель пневматической системы управления цилиндром двухстороннего действия при помощи бистабильного распределителя 5/2 и логических элементов "и", "или" / М.А. Терехин // Наука и образование транспорту. – 2021. – № 2. – С. 158-162. – EDN XULNOS.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЯНУЩЕГО УСТРОЙСТВА

М. А. Терехин¹, Д. В. Иванов²

Введение. Существует большое количество разнообразных способов изготовления деталей из пластика, одним из которых является аддитивные технологии. На рынке производства существует огромное количество экструзионных линий для изготовления филамента для 3D принтера. Однако производственные установки не предназначены для обучения и не могут позволить ставить определенного рода эксперименты над различными видами пластика без затрат большого объема сырья.

Молодой специалист, приходя на производство в качестве оператора экструзионной линии должен: знать технологический процесс экструзии изделий из полимерных материалов; уметь проводить запуск, настройку, поддержание и обеспечение непрерывной работы линии; обеспечивать качество и контроль выпускаемой продукции; оперативно решать возникающие проблемы в процессе работы.

Исходя из этого возникает необходимость в миниатюризации технологического процесса изготовления филамента.

Для задачи изучения и изготовления нити, экспериментирования с видами пластика существуют миниатюрные экструзионные линии, отражающие не только техпроцесс, но и дающие возможность изготовления нити в домашних условиях. Одним из важнейших компонентов экструзионной линии является тянущее устройство [1, 2], которое в основном работает от сети 220В с ручным регулированием скорости, поэтому разработка системы автоматического управления тянущего устройства учебной экструзионной линии является актуальной задачей.

Целью данной работы является повышение эффективности работы тянущего устройства учебной экструзионной линии путём разработки системы автоматического управления тянущего устройства на базе шагового двигателя посредством пакета Matlab библиотеки Simulink, SimPowerSystem [3, 4].

В ходе выполнения работы была получена имитационная модель системы автоматического управления (САУ) тянущего устройства на базе шагового двигателя (ШД), отражающая структуру САУ [5, 6], изображенная на рисунке 1.

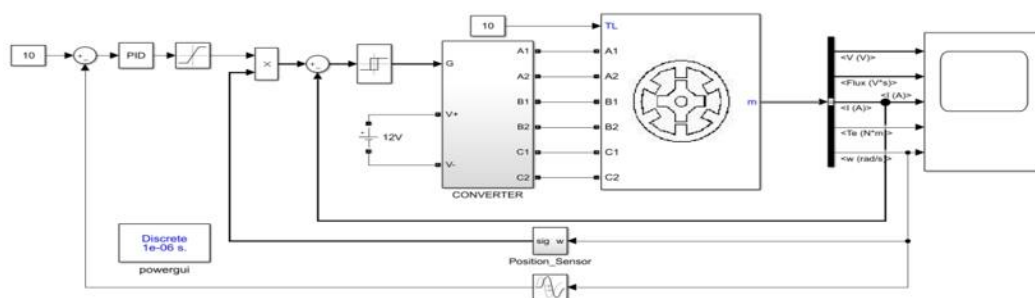


Рис. 1. Имитационная модель САУ тянущего устройства на базе ШД

В результате имитационного моделирования были получены переходные электромагнитные и электромеханические характеристики работы системы автоматического управления (САУ) тянущего устройства на базе шагового двигателя (ШД) (см. рисунок 2): «V, (V)» – напряжения на обмотках «А», «В» и «С» шагового электродвигателя, $U_A, B; U_B, B; U_C, B$; «Flux, (V*s)» – потокосцепления, ψ, Bc ; «I (A)» – токи на обмотках «А», «В» и «С» шагового электродвигателя, $I_A, A; I_B, A; I_C, A$; «Te (N*m)» – электромагнитного момента электродвигателя, M_δ, Nm ; «w (rad/s)» – скорости вращения шагового электродвигателя, $\omega, rad/s$. Сня-

¹ Терехин Михаил Александрович – студент группы МР6-81, институт АИТС

² Иванов Дмитрий Владимирович – к.ф.-м.н., доцент кафедры «МАУТ»

тие графиков переходных характеристик осуществлялось при помощи блока «Scope», который имитирует работу осциллографа [3, 4].

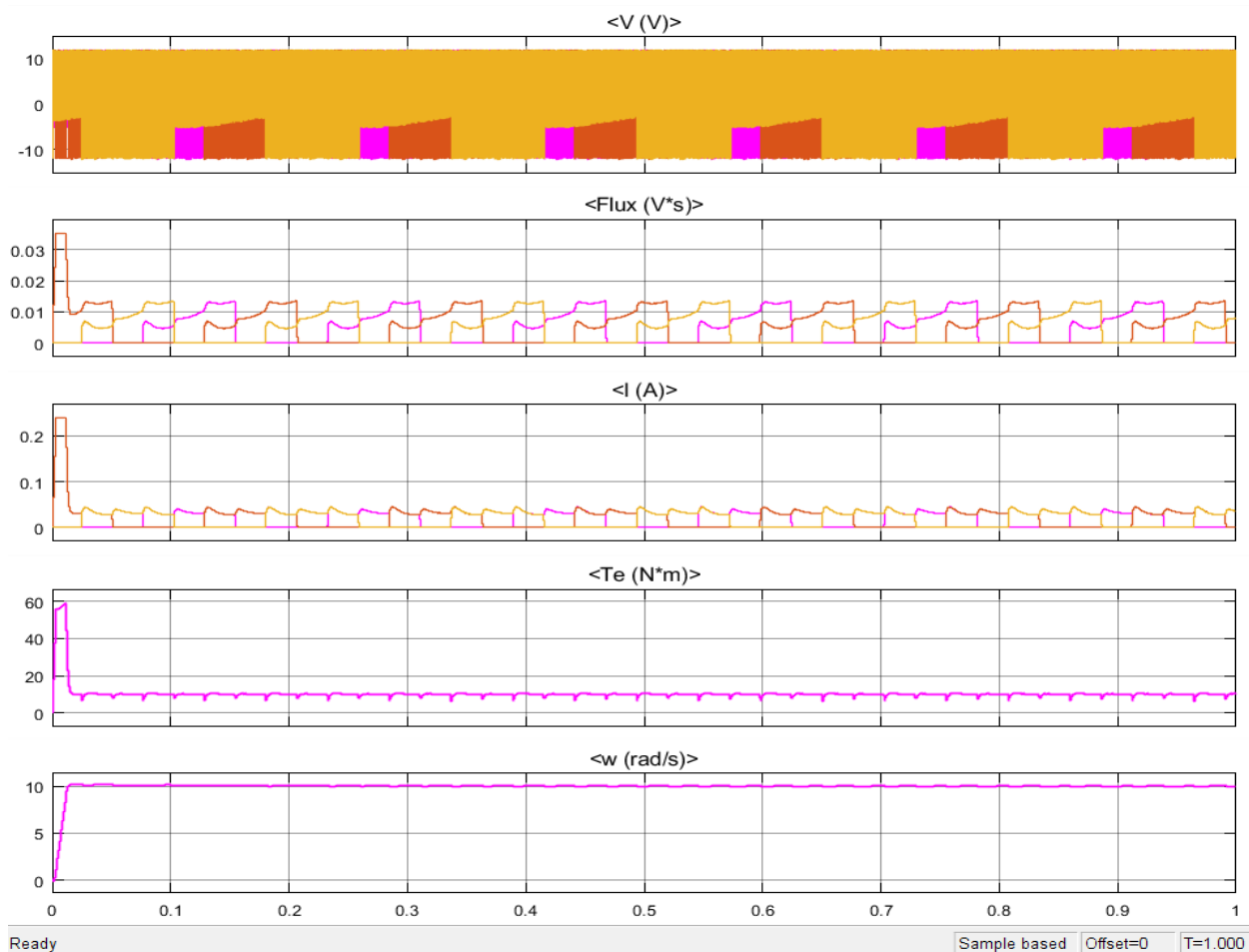


Рис. 2. Графики переходных процессов имитационной модели САУ тянущего устройства на базе ШД

Дальнейшим развитием данной тематики является разработка действующего макета тянущего устройства для кафедральной лабораторной учебной экструзионной линии на базе платформы Arduino.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Раувендааль, К. Экструзия полимеров : экструзионное оборудование, анализ процесса, практические прил. / К. Раувендааль ; Крис Раувендааль ; при участии П. Дж. Грэмманна, Б. А. Дэвиса, Т. А. Освальда ; пер. с англ. яз. 4-го изд. под ред. А. Я. Малкина. – Санкт-Петербург : Профессия, 2006. – 762 с. – ISBN 5-93913-102-6. – EDN QNEDDF.
- 2 Перухин Ю.В. Расчет и конструирование изделий из пластмасс и формующей оснастки. Экструзионный формующий инструмент : учебное пособие / Ю.В. Перухин, Т.Р. Дебердеев, С.Н. Русанова; Минобрнауки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань : Изд-во КНИТУ, 2017. – 96 с.
- 3 Герман-Галкин, Сергей Германович. Виртуальные лаборатории полупроводниковых систем в среде MATLAB-SIMULINK [Текст] : учебник / С.Г. Герман-Галкин. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2013. – 442 с.
- 4 Половко А.М., Бутусов П.Н. MATLAB для студента. – СПб.: БВХ-Петербург, 2005. – 320 с.
- 5 Антимиров, В.М. Системы автоматического управления : учебное пособие для вузов / В.М. Антимиров ; под научной редакцией В.В. Телицина. – Москва : Издательство Юрайт, 2022. – 91 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-9916-9906-8. – Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/492240> (дата обращения: 12.05.2022).
- 6 Ким, Д.П. Теория автоматического управления. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы. Задачник : учебное пособие для вузов / Д.П. Ким. — 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2022. – 331 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-01459 4. – Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/491186> (дата обращения: 12.05.2022).

РЕГУЛИРОВАНИЕ СКОРОСТИ ПНЕВМОЦИЛИНДРА

И. Н. Брагина¹, А. П. Припутников²

Введение. На современном производстве иногда возникает необходимость в линейном перемещении каких-либо объектов и их фиксации в определенном положении. Пнемоцилиндр является одним из наиболее экономичных и простых устройств для выполнения данной задачи.

Яркими примерами применения данного оборудования является производство пищевой продукции, розлив напитков, фасовка и упаковка продуктов.

Целью данной работы является изучение способов регулирования скорости пневмоцилиндра посредством разработки имитационных моделей.

Основная часть. Одним из возможных способов регулирования скорости пневмоцилиндра является использование запорных элементов – обратных клапанов, пневмозамков, вентиляей, которые полностью перекрывают поток сжатого воздуха. Механизм работы данного типа элементов рассматривается на примере пневмозамка [1-3]. Работа имитационной модели пневмозамка представлена на рисунке 1.

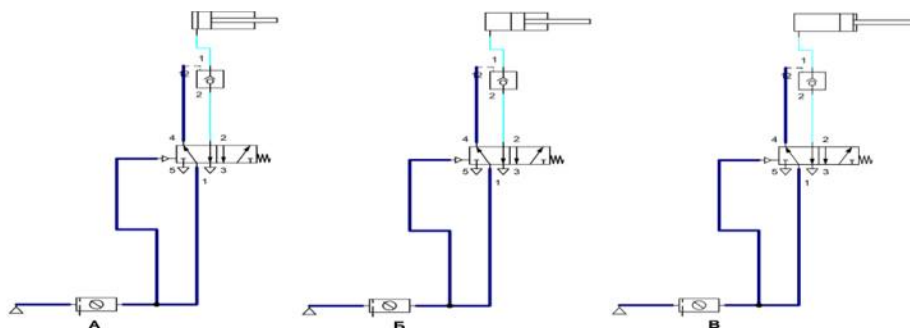


Рис. 1. Работа имитационной модели пневмозамка: А – Исходное состояние системы; Б – Подача воздуха; В – Рабочее состояние системы

Также регулирование скорости пневмоцилиндра может осуществляться при помощи пневматического элемента – дросселя. Дроссель – устройство, изменяющее давление и расход сжатого воздуха, путём изменения величины проходного сечения [1-3]. Имитационная модель работы данного элемента представлена на рисунке 2А, 2Б.

Еще одним способом регулирования скорости пневмоцилиндра является использование клапана быстрого выхлопа. Клапан быстрого выхлопа – устройство, повышающее скорость действия пневмоцилиндра, уменьшая сопротивления воздуха в выхлопной линии при обратном ходе поршня [1]. Имитационная модель работы клапана быстрого выхлопа представлена на рисунке 2В, 2Г.

¹ Брагина Ирина Николаевна – студент группы МР6-01, факультет АИТС

² Припутников Алексей Петрович – к.т.н., доцент кафедры «МАУТ»

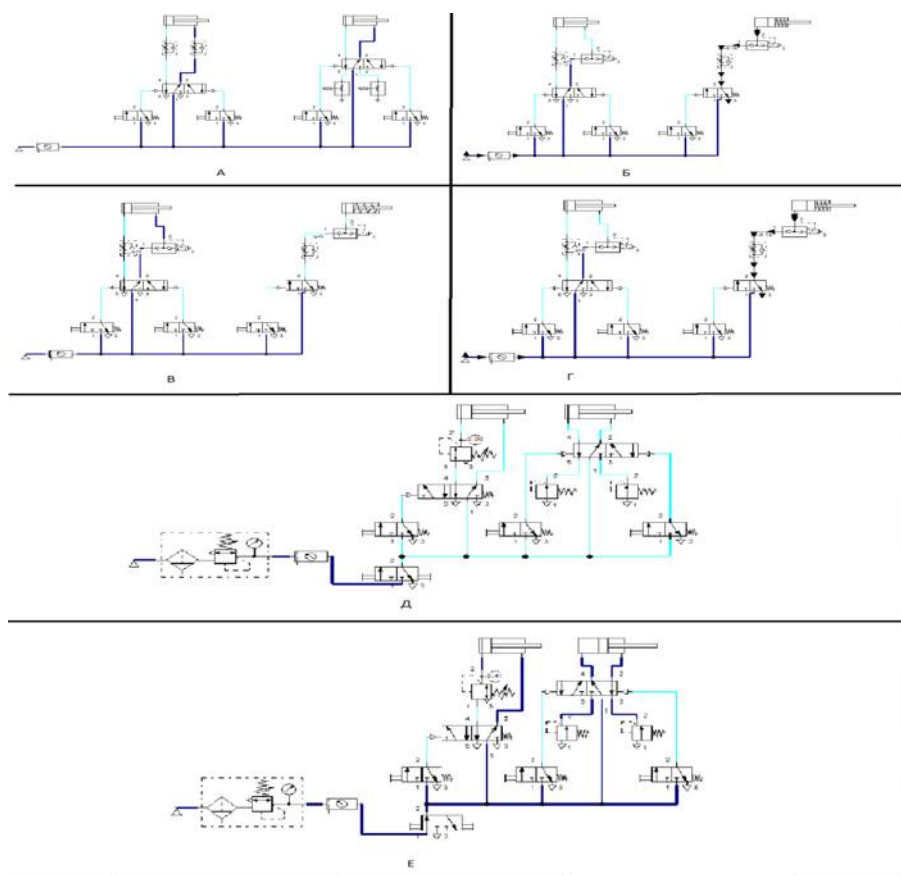


Рис. 2. Работа имитационных моделей: А – Исходное состояние системы с дросселем; Б – Рабочее состояние системы с дросселем; В – Исходное состояние системы с клапаном быстрого выхлопа; Г – Рабочее состояние системы с клапаном быстрого выхлопа; Д – Исходное состояние системы с пневмоклапаном давления; Е – Рабочее состояние системы с пневмоклапаном давления

Регулирование скорости пневмоцилиндра также возможно с помощью устройств регулирования давления. Наиболее распространенным устройством данного вида является пневмоклапан давления – устройство снижающее давление поступающего газа до нужных показателей и автоматически поддерживающее их.

Имитационная модель работы пневмоклапана давления изображена на рисунке 2Д, 2Е. Подробнее имитационное моделирование пневматических систем управления рассматривается в работах [4, 5].

Заключение. В результате работы были изучены различные способы регулирования скорости пневмоцилиндра, такие как дроссель, пневмоклапан давления, клапан быстрого выхлопа и пневмозамок, а также разработаны имитационные модели работы пневматических систем управления регулирования скорости пневмоцилиндра посредством прикладного пакета Festo Fluidsim Pneumatics.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Пневматика для всех – Camozzi. URL: <https://did.camozzi.ru/#!d01g01s01p01>
- 2 Наземцев А.С. Гидравлические и пневматические системы. Часть 1. Пневматические приводы и средства автоматизации: Учебное пособие. – М., ФОРУМ, 2004 – 204 с.
- 3 Серебряков А.С. Автоматика: учебник и практикум для академического бакалавриата: для студентов высших учебных заведений, обучающихся по электротехническим, электромеханическим и электроэнергетическим направлениям и специальностям / А.С. Серебряков, Д.А. Семенов, Е.А. Чернов; под общ. ред. А.С. Серебрякова. – Москва: Юрайт, 2017. – 431 с.
- 4 Терехин М.А. Имитационная модель пневматической системы управления цилиндром двухстороннего действия при помощи бистабильного распределителя 5/2 и логических элементов "и", "или" / М.А. Терехин // Наука и образование транспорту. – 2021. – № 2. – 158-162 с.
- 5 Сафин Р.Р., Рудаков А.А., Антонова В.В., Терехин М.А. Имитационная модель сортировочной линии с пневматическими толкателями технологического процесса изготовления простейших крепежных деталей // Наука и образование транспорту. – 2020. – № 2. – С. 49-52.

МЕХАТРОННОЕ УСТРОЙСТВО ПЕРЕДАЧИ ВРАЩАЮЩЕГО МОМЕНТА

И. В. Лебакин¹, А. П. Припутников²

Введение. Под мехатронным устройством передачи вращающего момента понимается редуктор. Существуют огромное разнообразие редукторов: цилиндрические, конические, червячные, планетарные и т.п. В настоящее время производители предлагают огромный выбор различных редукторов, но для каждой сферы применения подходит определенный тип редуктора. На сегодняшний день перед изготовлением опытного образца, проводится этап проектирования разрабатываемого объекта посредством системы автоматизированного проектирования [1-5], позволяющий в комфортных условиях продумать все до мельчайших деталей и значительно снизить объем работ, поэтому разработка 3D модели двухступенчатого цилиндрического редуктора является актуальной задачей.

Целью работы является проектирование 3D-модели двухступенчатого цилиндрического редуктора, посредством системы автоматизированного проектирования Компас 3D [1].

Основная часть. Цилиндрические редукторы являются одним из самых распространённых типов редукторов. Области применения цилиндрических редукторов очень обширны, начиная от сферы строительства и машиностроения, заканчивая робототехникой. Одной из главных технических характеристик редукторов является вращающий момент [3].

К преимуществам разрабатываемого мехатронного устройства передачи вращающего момента относится: высокий коэффициент полезного действия, отсутствие эффекта самостоятельного торможения, а также повышенная кинематическая точность.

Рассмотрим подробнее работу двухступенчатого цилиндрического редуктора. В момент, когда вращение прикладывается на входной вал, рабочая часть, как и колесико с зубцами, закрепленное на ней, приводится в движение. Цилиндрическая передача направляет усилие от колес вала входного типа на колесо, которое находится с ним в сцеплении. Колеса могут иметь разные диаметры и число зубьев. Вращающий момент идет на промежуточный вал, после чего передается с него на выходной.

3D-модель двухступенчатого цилиндрического редуктора представлена на рисунке 1. Проектирование двухступенчатого цилиндрического редуктора проводилось посредством системы автоматизированного проектирования Компас 3D.

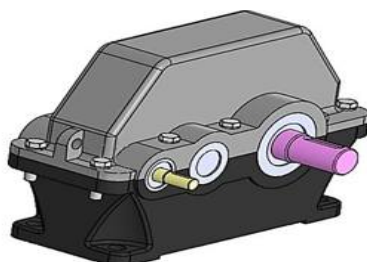


Рис. 1. 3D-модель двухступенчатого цилиндрического редуктора
Чертеж двухступенчатого цилиндрического редуктора изображен на рисунке 2.

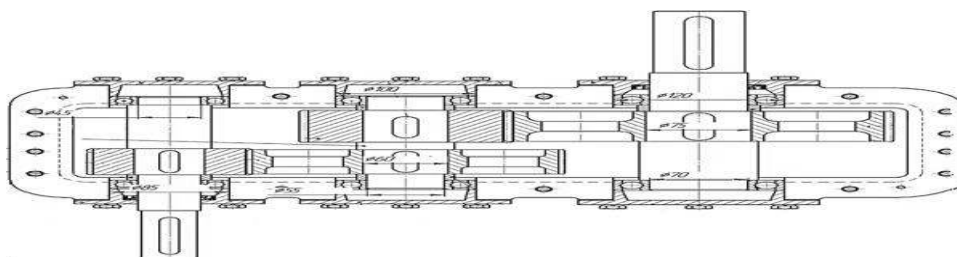


Рис. 2. Чертеж двухступенчатого цилиндрического редуктора

¹ Лебакин Илья Валерьевич – студент группы МР6-01, факультет АИТС

² Припутников Алексей Петрович – к.т.н., доцент кафедры «МАУТ»

Заключение. В результате была разработана 3D модель двухступенчатого цилиндрического редуктора. Дальнейшим развитием работы является разработка действующего макета, при помощи аддитивных технологий, а именно 3D принтера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Кудрявцев, Е.М. Металлоконструкции, редукторы, электродвигатели в КОМПАС-3D / Е.М. Кудрявцев. – М.: ДМК Пресс, 2011. – 436 с.
- 2 Гутин, С.Я. Информационные технологии в эскизном проектировании и оптимизации параметров зубчатых цилиндрических редукторов / С.Я. Гутин, М.Ю. Власов. – М.: Высшая школа, 2004. – 110 с.
- 3 Беляев, Н.И. Выбор двигателя и редуктора следящих систем / Н.И. Беляев, В.Д. Нагорский. – М.: Машиностроение, 1993. – 216 с.
- 4 Берлинер, Э.М. САПР конструктора машиностроителя. Учебник / Э.М. Берлинер, О.В. Таратынов. – М.: Инфра-М, Форум, 2015. – 288 с.
- 5 Райан, Д. Инженерная графика в САПР / Д. Райан. – М.: Мир, 1989. – 391 с.

ЭФФЕКТИВНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ. РАЗРАБОТКА ПРИТОЧНОЙ-ВЫТЯЖНОЙ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПОМЕЩЕНИЯ

Д. Э. Воропаев¹, О. Н. Козменков²

Введение. Данная работа нацелена на демонстрацию преимуществ при использовании автоматизированных информационных технологий в сфере проектирования систем электрооборудования. Положительный эффект состоит в повышении производительности и результативности взаимодействия участников жизненного цикла объекта капитального строительства или производства не менее, чем в 10..20 раз за счёт сокращения времени исполнения типовых операций жизненного цикла объектов капитального строительства в разделе информационной модели объекта «электротехника», в частности, в наиболее трудоёмких этапах исследования рынка, подбора комплектующих технического решения на объекте, энергоэффективной замены, модернизации электрооборудования. Положительный эффект достигается за счёт применения интегрированных систем *paпoCAD «Электро»* и внешнего по отношению к предприятию информационно-справочного сервиса *iPRO*.

В ходе работы разработаем приточно-вытяжную систему вентиляции промышленного помещения по установленному техническому заданию с выполнением указанных требований, таких как:

- 1) выбор защитно-коммутационную аппаратуру;
- 2) выбор средств автоматизации вентиляционной установки;
- 3) выбор и расчёт сечения проводников;
- 4) выбор производителей оборудования и определение сроков поставки;
- 5) Расчёт сметы: стоимость расходных материалов, инструмента, общую стоимость.

Основная часть. Первым этапом в проектировании является расположение приточных и вытяжных вентиляторов, они будут устанавливаться на крыше, целесообразно расположить их рядом для удобного обслуживания в дальнейшем. В качестве контрольного пункта управления выберем помещение, расположенное под местом расположением вентиляторов.

Далее происходит выбор защитно-коммутационной аппаратуры. Так как в техническом задании указана первая категория надёжности, то мы должны предусмотреть питание от двух независимых источников. На входе устанавливается вводной щит с трёхфазными автоматическими выключателями на каждый ввод, после него идёт устройство автоматического ввода резерва, которое нужно для переключения на резервный источник питания, в случае отключения основного. Третий щиток будет распределительным, в нём будут располагаться автоматические выключатели и контакторы для каждого вентилятора. Пусковой ток электродвигателя может приводить к лож-

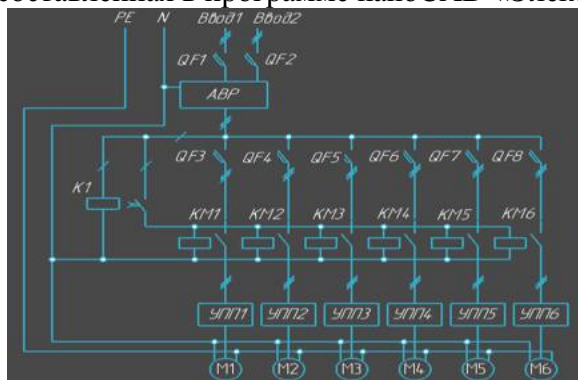
¹ Воропаев Данил Эдуардович – студент группы СОДП-84, факультет ЭТФ

² Козменков Олег Николаевич – доцент кафедры «Электроснабжение железнодорожного транспорта»

ному срабатыванию автоматов, поэтому было предусмотрено устройство плавного пуска, их выбор обусловлен наиболее меньшей стоимостью, по сравнению с частотными преобразователями.

В техническом задании указано, что ночью в помещении нету людей и оно не должно вентилироваться, то есть вентиляторы должны отключаться. Эту задачу решим с помощью реле день-ночь, в нём будут устанавливаться часы включения-отключения вентиляции. Ставить их на каждый электродвигатель нецелесообразно, так как это ведёт к большим денежным затратам, а надёжность всей системы из-за этого не сильно повысится, поэтому решено использовать реле в единственном экземпляре.

Выбор марки кабеля и способ прокладки, расчёт его сечения и длины, а также подбор гофрированных труб легко и быстро производится с помощью nanoCAD «Электро». Подбор комплектующих, определение ориентировочных сроков поставки, расчёт всех расходных материалов, включая автоматические выключатели, реле, устройства плавного пуска и т.д. происходит в сервисе iPRO, который связан с вышеупомянутым nanoCAD. Составление сметы, принципиальных и функциональных схем и прочей документации к проекту происходит в короткий промежуток времени автоматически с помощью данных программ, что сказывается на быстродействии и повышении производительности общего цикла работ. Принципиальная схема для описанного проекта, составленная в программе nanoCAD «Электро», приведена ниже.



Заключение. Как итог можно сказать, что наличие навыков оперативного применения современных отечественных систем автоматизированного проектирования и информационного моделирования позволяет достичь повышения производительности выполняемых работ и упрощает всю работу с документацией в разы. Уверенное владение данными программными обеспечениями позволяют сделать обоснованный и оперативный выбор продукции ведущих поставщиков электротехники без использования бумажных каталогов или поиска продукции на различных сайтах без возможности сравнения сервиса по трём ключевым показателям: цена, качество, возможность планировать работы на объекте с учётом возможных сроков поступления продукции на объект и готовности объекта к получению и монтажу получаемой продукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Кокорин, О. Я. Энергосбережение в системах отопления, вентиляции, кондиционирования / О.Я. Кокорин. - М.: АСВ, 2013. - 376 с.
- 2 Варварин, В. К. Выбор и наладка электрооборудования. Справочное пособие: моногр. / В.К. Варварин. - М.: Форум, Инфра-М, 2014. - 240 с.
- 3 Дордин, Ю. Р. Повышение качества электроснабжения / Ю.Р. Дордин, Л.И. Аргунов, О.О. Филиппов. - М.: Дани Алмас, 2010. - 160 с.
- 4 Честнат, Г. Техника больших систем / Г. Честнат. - М.: Энергия, 1985. - 656 с.
- 5 Сибикин, Ю. Д. Электроснабжение промышленных и гражданских зданий / Ю.Д. Сибикин. - М.: Academia, 2006. - 368 с.

ОЦЕНКА ФОТОГРАФИЙ РАБОЧЕГО ДНЯ СТУДЕНТОВ

И. А. Нечаева¹, Н. С. Козлова²

Введение. В последнее время каждый из нас был вынужден изменить реалии своей повседневной жизни. Дистанционный формат обучения никого не оставил в стороне. Это обучение, осуществляемое без личного контакта студента и преподавателя. Основанное на их работе через цифровые устройства, обеспечивающие электронную связь. Не важно расстояние между обучающимся и преподавателем, для процесса обучения достаточно иметь под рукой цифровое устройство. Однако цели и содержание обучения в этом случае ничем не отличаются от очного образовательного процесса. Существенную роль играет самостоятельная работа студентов и их способность к саморегуляции.

На нашей кафедре ведется работа по оценке фотографий рабочего дня студентов 5 курса. Раньше такие исследования проводились в привычном для всех режиме обучения, когда студенты посещали занятия в вузе очно. Последнее наше наблюдение пришлось на дистанционный период обучения.

Для нас было интересно сравнить результаты фотографий рабочего дня различных условий образовательного процесса.

При наблюдении мы выделяли основные категории затрат времени студентов: сон, гигиена, дорога, учеба, еда/готовка, интернет, досуг (спорт и культурное развитие), а также работа. К каким выводам мы пришли?

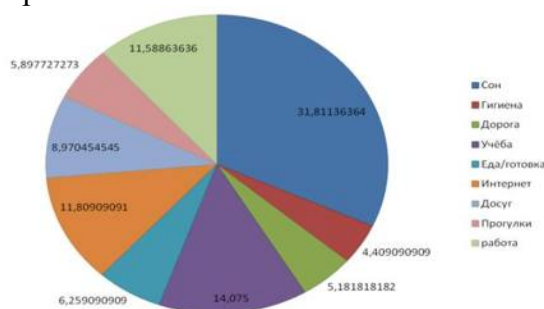


Рис. 1. Траты времени студентов до дистанционного обучения

Учеба во время дистанционного формата обучения занимала у студентов в среднем 13,4 % времени, а во время очного формата в среднем 14,1 %. Разница составила 0,7 %, или 10 минут. Этот показатель свидетельствует, что учеба дома не стала легче или свободнее, студенты так же ответственно подходили к заданиям.

Жизнь и обучение в большом городе непременно сопровождаются со значительными по времени перемещениями на транспорте или пешком. В нашем случае дорога от общежития до вуза занимает в среднем 40 минут.

По наблюдениям затраты времени на проезд снизились примерно на 30 минут. Можем предположить, что это разница была дорогой на учебу и обратно.

Известно, что в современном мире значительная часть студентов совмещает учебу с реальной работой.

Работа во время дистанционного формата обучения занимала в среднем 6,7 % суток, по сравнению с тем, что было, а было 11,6 % во время очного. Такая разница в 4,9 % может быть вызвана измененными условиями в мире, во время пандемии, которая привела к сокращению рабочих мест. Но тем не менее работа и сейчас составляет (часы в неделю)

Интернет – это неотъемлемая часть жизни нашего поколения. Мы проводим время в интернете общаясь с друзьями, смотрим там новости и играем в игры.

Время, проведенное в интернете, помимо занятий составляло раньше 11,8 %, по сравнению с 17 % в дистанционном формате. Разница в 1,5 часа, довольно ощутимо, но объясни-

¹ Нечаева Инна Аркадьевна – студент группы СОДП-94, факультет «Электротехнический факультет»

² Козлова Наталья Станиславовна – к.т.н., доцент кафедры «Электроснабжение железнодорожного транспорта»

мо условиями погружения человека в интернет-среду, где во время пандемии проходила большая часть общения.

Пожалуй, дистанционная форма обучения позволила студентам чуть больше времени выделять на отдых, прогулки на свежем воздухе. Это стало занимать столько часов и это на 1 час больше, чем раньше.

Показатель прогулок так же вырос в дистанционном формате, 7,25 % против 5,8 %, Это может быть вызвано освободившимся временем, необходимостью выходить на улицу. Может быть, за счет падения времени на дорогу удалось уделять больше времени отдыху и прогулкам на улице.

Отрадно заметить, что студенты в период дистанционного обучения начали выделять больше времени на физическое и культурное развитие. Показатель вырос в среднем на 30 минут в день.

При серьезных умственных и физических нагрузках молодые люди должны успевать качественно отдыхать и восстанавливаться. Поэтому ночной сон крайне необходим для поддержания должного уровня работоспособности студентов.

Продолжительность сна увеличилась незначительно, на пол часа больше в дистанционном формате, что может говорить о том, что очевидно, это время уходило на подготовку к учебному дню.

Студенты начали тратить больше времени на приемы пищи и готовку. (7,2 % против 6,3 % на очном обучении). Уход за собой, в период дистанционного обучения, занимал столько же времени.

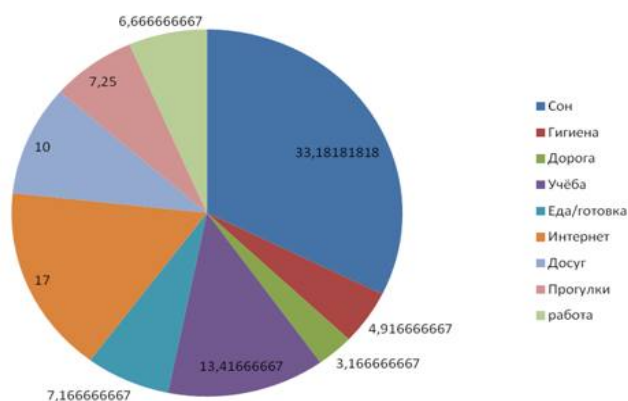


Рис. 2. Траты времени студентов после перехода на дистанционное обучение

В завершение хочется сказать о том, что подобные работы помогают проанализировать то, на что же уходит время в течение недели, возможно пересмотреть свои приоритеты. Самоменеджмент- важная составляющая жизни студента, который только вступает во взрослую.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Королев А.С., Лобачев В.В., Денисов И.В. Дистанционное обучение и его влияние на физическую активность школьников. СПб: Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта, 2021. № 4 (194). С. 211-216.
- 2 Ноздренко Е.А. Самоменеджмент в организации обучения студентов. Кемерово: Современные проблемы науки и образования. 2006. № 1. С. 81-82
- 3 Заплатникова, К. В. Интернет как часть повседневной жизни современного молодого человека. Казань: Молодой ученый. 2020. № 49 (339). С. 546-548.
- 4 Виниченко М.А., Петрова И.В. Исследование отношения студентов СПО к обучению с применением дистанционных образовательных технологий. Кемерово: Современные проблемы науки и образования. 2021. № 1. С. 13
- 5 Пугачев, А. С. Дистанционное обучение – способ получения образования. Казань: Молодой ученый. 2012. № 8 (43). С. 367-369

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КВАДРОКОПТЕРА В ДИАГНОСТИКЕ КОНТАКТНОЙ СЕТИ

С. Д. Соловьев¹, Т. В. Харитонова²

Введение. В современном мире набирает популярность использование для технических задач БПЛА (беспилотные летательные аппараты). В данной статье будет рассмотрен такой БПЛА как квадрокоптер. Актуальность эффективного обследования электрифицированных железных дорог имеет огромное значение для железнодорожной индустрии. Обследования контактной сети с помощью беспилотного летательного аппарата (БПЛА) непосредственно ускорит нахождение причин и самих поломок контактной сети, что приведет к снижению времени починки неисправностей и увеличению потока пассажирских и грузовых поездов.

Исследования заключается в анализе достоинств и недостатков использования квадрокоптера для анализа контактной сети.

Основная часть.

Основа квадрокоптера (рис) состоит из четырех винтов, которые вращаются в противоположном направлении диагонально и аккумулятора, от которого идет питание. Для подробного разбора квадрокоптера необходимо рассмотреть его технические характеристики.

1. Аккумулятор – высокая емкость батареи повышает такой показатель как время полета.
2. Габариты – заключается в размерах устройства (длина, ширина, высота) данный показатель влияет на время полета, скорость полета и грузоподъемность.
3. Частота передатчика/приемника.
4. Радиус действия – это расстояние, в пределах которого оператор может управлять дроном;
5. Разрешение камеры - является неотъемлемым фактором для анализа контактной сети.
6. Вес – также важный фактор, который влияет на грузоподъемность, скорость полета и время полета.

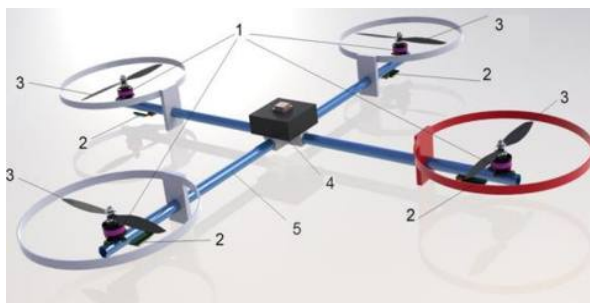


Рис. Основа квадрокоптера:

1 – двигатель; 2 – гироскоп; 3 – винт; 4 – аккумулятор; 5 – рама.

Главной проблемой БПЛА это емкость аккумулятора, так как устройство небольшое и грузоподъемность БПЛА как квадрокоптера ограничена, то использование литий-полимерных аккумуляторов в качестве источника питания значительно снижает время и дальность полета. Вторым недостатком является габариты квадрокоптера, которые влияют как на расход аккумулятора, так и на скорость передвижения и подъема. Следующий недостаток – радиус сигнала, данный параметр отвечает на максимальное расстояние между управляющим квадрокоптером и самим устройством.

Для того что бы решить приведенные выше недостатки необходимо правильно выбрать модель БПЛА для определенного назначения.

¹ Соловьев Сергей Дмитриевич – студент группы СОДП-94, факультет «Электротехнический факультет»

² Харитонова Татьяна Владимировна – к.т.н., доцент кафедры «Электроснабжение железнодорожного транспорта»

Перейдем к достоинствам и недостаткам использования квадрокоптера для анализа контактной сети на железной дороге.

Достоинства использования квадрокоптера для обследования контактной сети:

1. Быстрый анализ элементов путем исследования температур. Он позволит более быстро обнаружить поломку и передать данные о поломке и местоположение оператору для выезда бригады.
2. Доступность анализа при недостаточной проходимости рабочего персонала к месту поломки (сугробы).
3. Возможность задать маршрут анализа КС для автоматического обследования. С помощью специальной программы существует возможность создать маршрут для обследования КС, что значительно упростит работу оператору и повысит качество анализа элементов.
4. Сокращение времени на обследование КС. С помощью БПЛА анализ на причину поломки будет происходить быстрее, а следовательно, снизит время занятости пути на время починки КС.

Недостатки использования квадрокоптера для обследования контактной сети:

1. Неблагоприятные погодные условия (сильный ветер, снегопад, дождь, град и т.д.)
2. Недостаточная емкость аккумулятора для полного автоматического обследования КС.
3. Стоимость деталей для ремонта БПЛА. Так как детали квадрокоптера имеют сложную конструкцию и находятся под постоянной нагрузкой, следовательно детали квадрокоптера подлежат частой замене, что в настоящее время является дорогостоящей услугой.
4. Дополнительное обучение сотрудника починке и управлению квадрокоптером.

Несмотря на дороговизну обслуживания квадрокоптера его использование позволит повысить не только уровень безопасности специалистов при обследовании и ремонтных работ контактной сети, а также скорость и эффективность выполнения работ.

При использовании БПЛА на практике возникают некоторые трудности в виде поломок, которые необходимо будет решить персоналу, отвечающему за управление дроном. Рассмотрим наиболее частые поломки квадрокоптера. Самые распространенные неисправности приведены ниже.

- Перебои сигнала
- Сбои системы стабилизации
- Увеличение предельно допустимого вибрации и шума
- Сбои двигателей при взлете
- Отказ регулятора скорости или двигателей
- Калибровка, перевес
- Качество видеосъемки

Решение приведенных проблем состоит в обучении персонала починки таких важных деталей квадрокоптера настройка систем стабилизации

Заключение.

Из всего вышенаписанного можно сделать вывод, что целесообразность использования квадрокоптера в современных реалиях остается под вопросом, так как импортируемые детали повысили цену, а также остается такой необходимый фактор как сокращение времени на профилактические действия работников и безопасность жизни работников, поэтому импортозамещение свело бы эту финансовую проблему к нулю.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Жиделев А.Р., Скляр А.А. 2018. Квадрокоптер как вид беспилотных летательных аппаратов // Вестник современных исследований 5.3: 435-436
- 2 Студеникин А.В., Михалин В.А. 2012. Иванов Р.В., Магаршак С.И. практика применения перспективных беспилотных летательных аппаратов для мониторинга и аэрофотосъемки // Современные проблемы дистанционного зондирования земли из космоса, Т.9. №4: 102-106.
- 3 Гришина Ю.С. 2015. Дроны на службе миру // Робототехника и системный анализ 1: 80-85.
- 4 Горелова А.В., Кривобоков Е.А. 2017. Устройство и применение квадрокоптеров // Университетская наука 1: 52-56.

- 5 Литвинов Ю.В., Бушуев А.Б., Гриценко П.А., Шмигельский Г.М. 2013. Полет квадрокоптера по произвольно задаваемой траектории // *Материалы IX международной научно-практической конференции «Современные научные достижения – 2013»*. – Технические науки: Прага. Издательский дом «Образование и наука» ООО. Часть 77: 96.
- 6 Ситников Д.В., Бурьян Ю.А., Русских Г.С. 2012. Автопилот мультикоптера // *Известия Тульского Государственного университета. Технические науки*. – №7: 213-221.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МАШИНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА С ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ

Т. Д. Десяткова¹, А. А. Ионов²

Введение. Проведенный анализ показывает, что большую часть затрат связанных с эксплуатацией трамвайного вагона (ТВ) является покупка у энергоснабжающей организации электрической энергии [1: 290]. Тенденция последних лет связана с постоянным ростом стоимости 1 кВт электроэнергии, а значит, снижается рентабельность данного вида транспорта. Анализ [1: 290, 2: 243] показывает, что использование режима рекуперации позволит уменьшить затраты до 15÷30 % от общих затрат электроэнергии на тягу.

Основной проблемой при реализации описанного мероприятия является отсутствие данных о количестве потребляемой энергии ТВ при движении по маршруту. Трамвайные депо располагают лишь информацией о потреблении энергии в разных участках трамвайных путей в течение суток [3: 289].

Количество потребляемой энергии зависит от разных факторов: напряжение в контактной сети, наполняемости вагона, профиля пути, режима движения (подъем, спуск, движение по ровной местности) и т.д. [4: 30-31, 5: 5]. Наиболее существенными являются профиль пути и режим движения, так как в этом случае существенно меняется нагрузка на тяговые электрические двигатели (ТЭД), а значит и количество потребляемой энергии.

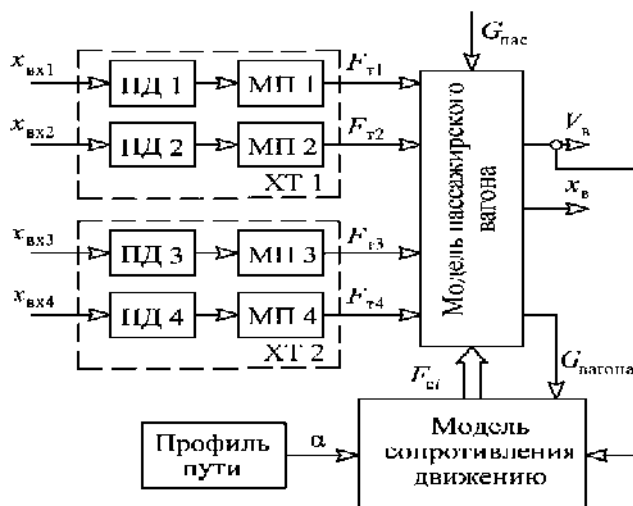


Рис. 1. Структурная схема механизма движения трамвайного вагона

ПД1–ПД4 – приводные двигатели; МП1–МП4 – механическая часть привода; ХТ1, ХТ2 – ходовые тележки; $F_{т1} - F_{т4}$ – тяговые усилия создаваемые приводными двигателями; $F_{си}$ – вектор сил сопротивления при движении; $G_{пас}$ – вес создаваемый пассажирами; α – угол уклона пути; $G_{вагона}$ – полный вес вагона; $x_{вх1} - x_{вх4}$ – входные координаты, угловая частота $V_{в}$, $x_{в}$ – выходные координаты, скорость и положение трамвайного вагона.

Согласно [6: 1018] простым в реализации и более актуальным для определения количества энергии потребляемой (вырабатываемой) является вариант использования математической модели, процесса движения ТВ. В состав модели механизма движения входят: матема-

¹ Десяткова Татьяна Денисовна – студент группы СОДП-81, факультет СОДП

² Ионов Андрей Андреевич – к.т.н., доцент кафедры «Электротехника»

тические модели ТЭД (способный реализовать режим рекуперации) и механической части ТВ и модель сопротивлений движения, прикладываемых к ТЭД, при движении ТВ, модель трамвайного вагона (рис. 1). Для привода ТВ используются двигатели различного типа (постоянного и переменного тока). Поэтому, в качестве входной координаты $x_{вхi}$ может выступать напряжение питания $U_{пит}$, при использовании машины постоянного тока (МПТ), и угловая частота питающего напряжения ω при питании асинхронного двигателя. В рамках данной работы ограничимся рассмотрением математической модели МПТ. В г.о. Самара самым распространенным типом ТВ является модель Tatra T3SU (Т-3), использующая в качестве ТЭД МПТ последовательного возбуждения.

Анализ источников показывает, что не существует оптимально работоспособной модели описывающей ТЭД с последовательным включением обмотки возбуждения. На основании этого можно сделать вывод, что разработка математической модели МПТ последовательного возбуждения является актуальной задачей.

Как было показано выше, ТЭД может кроме двигательного режима реализовать и генераторный режим, с отдачей энергии потребителю (питающая сеть или собственное потребление ТВ). В связи с этим на данном этапе исследования предлагается рассмотреть отдельно математическую модель двигательного и генераторного режима работы МПТ связанные между собой через момент сопротивления и нелинейное звено, реализующее релейный блок (РБ) (рис. 2). Для модели двигателя входным воздействием является напряжение питания $U_{п}$, выходными координатами: частота вращения вала $\omega_{д}$ или полезный момент $M_{д}$. Момент сопротивления в зависимости от знака является возмущающим воздействием для модели двигателя (препятствует вращению вала) и входным воздействием для модели генератора (раскручивает вал машины). РБ отслеживает изменение знака и распределяет его на одну из моделей. Выходными координатами для модели генератора выступают напряжение $U_{г}$ и ток нагрузки $I_{п}$.

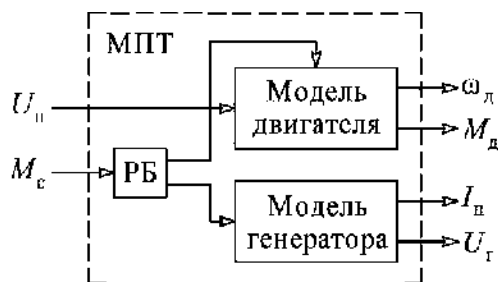


Рис. 2. Структурная схема машины постоянного тока с последовательным возбуждением

Начнем с разработки модели двигателя. Разработку математической модели будем осуществлять на основании схемы замещения двигателя постоянного тока (ДПТ) (рис. 3, а), составленной на основании [7: 202]. Электрическая энергия, поступающая из сети, преобразуется в тепло в активных сопротивлениях r_a якорной цепи и обмотки возбуждения $r_{ов}$, а так же в магнитное поле в индуктивных элементах (L_a, L_b), входящих в состав тех же элементов. Под действием напряжения сети по замкнутой цепи протекает ток I_a , на встречу которому действует ЭДС самоиндукции e_a .

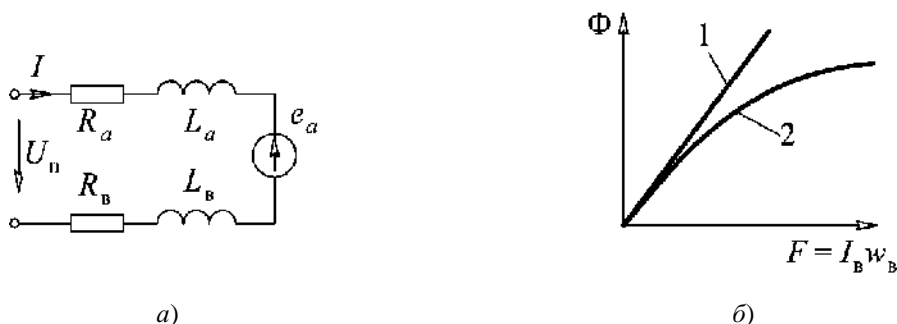


Рис. 3. Схема замещения и кривая намагничивания машины постоянного тока

Общепринятой практикой [8: 89] при разработке математических моделей ДПТ является линеаризация кривой намагничивания I (рис. 3, б). Однако, такой подход может быть применен только к ДПТ независимого или параллельного возбуждения, где поток возбуждения не изменяется, либо изменяется в небольшом диапазоне.

Характерной особенностью рассматриваемого типа ДПТ пропорциональность тока возбуждения I_B и тока в якоре I_a , который в свою очередь зависит от нагрузочного момента:

$$M = c_M \Phi I_a, \quad (1)$$

где c_M – постоянный конструктивный коэффициент МПТ; Φ – величина магнитного потока, создаваемого в магнитной цепи машины.

Кроме этого, магнитная система МПТ представляет собой нелинейный элемент [7: 34–35]. Это значит, нельзя принять магнитный поток постоянным и кривая намагничивания будет иметь вид, представленный на рис. 1, б (кривая 2). Так же, это накладывает определенные ограничения на математическую модель. При разработке математической модели ДПТ требуется знать не только ее параметры, но также и кривую намагничивания, устанавливающую связь между магнитным потоком Φ и током в обмотке возбуждения i_B .

В качестве входной величины в ДПТ выступает напряжение на якоре $U_{\Pi}(t)$ обеспечиваемое источником напряжения. На основании схемы замещения (рис. 3, а) можем записать базовое уравнение:

$$U_{\Pi}(t) = (L_a + L_B) \frac{di}{dt} + (r_a + r_B) i_a(t) + e_a(t), \quad (2)$$

где L_B и L_a – индуктивности обмотки возбуждения и якорной цепи; r_B и r_a – активное сопротивление обмотки возбуждения и якорной цепи; $U(t)$ – закон напряжения источника питания; $e_a(t)$ – ЭДС наведенная в обмотке якоря и определяемая по формуле:

$$e_a(t) = c_e \Phi(i_a) \omega_a(t), \quad (3)$$

где c_e – конструктивная постоянная МПТ; $\omega_a(t)$ – частота вращения выходного вала машины; $\Phi(i_a)$ – магнитный поток возбуждения, создаваемый обмоткой возбуждения определяется по формуле:

$$\Phi(i_a) = k_B i_a(t), \quad (4)$$

где k_B – нелинейный коэффициент устанавливающий связь между током якоря и магнитным потоком.

С учетом (1) и сделанных ранее заключений электромагнитный момент, развиваемый на валу машины, может быть найден по формуле:

$$M(t) = c_M i_a(t) \Phi(i_a), \quad (5)$$

Момент инерции, создаваемый вращающимися частями машины, по отношению к моменту вращения определяется по формуле:

$$J \frac{d\omega}{dt} = M(t) - M_c(t), \quad (6)$$

где $J = J_d + J_H$ – момент инерции вращающихся частей рассматриваемой механической системы; M_c – общий статический момент сопротивления вращению:

$$M_c(t) = M_{д.пот}(t) + M_{н.с}(t), \quad (7)$$

$M_{н.с}$ – статический момент сопротивления нагрузки (определяется типом рабочей машины); $M_{д.пот}$ – момент потерь, который зависит от частоты вращения.

Для простоты реализации из уравнения (6) выразим угловую скорость вращения ω_a , а из (2) значение тока якоря i_a , через передаточные функции:

$$\omega(p) = \frac{1}{Jp(M - M_c)}; \quad (8)$$

$$i_a(p) = \frac{1}{(r_a + r_B) \left(\frac{L_a + L_B}{r_a + r_B} + 1 \right)} (U(p) - e_a(p)) = \frac{k_d}{T_d p + 1} (U(p) - e_a(p)), \quad (9)$$

где $k_d = 1/(r_b + r_a)$ – постоянный коэффициент, представляющий собой проводимость ДПТ;
 $T_d = (L_a + L_b)/(r_a + r_b)$ – постоянная времени ДПТ.

На основании полученных уравнений (3)–(5), (7)–(9) осуществим синтез структурной схемы математической модели двигателя последовательного возбуждения (рис. 4).

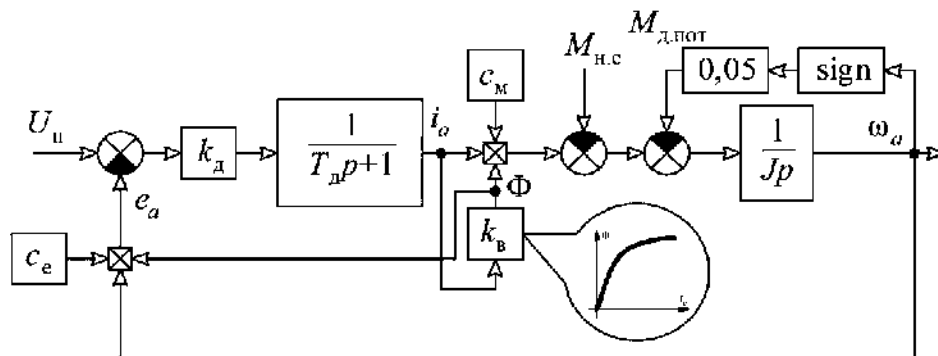


Рис. 4. Структурная схема двигателя постоянного тока

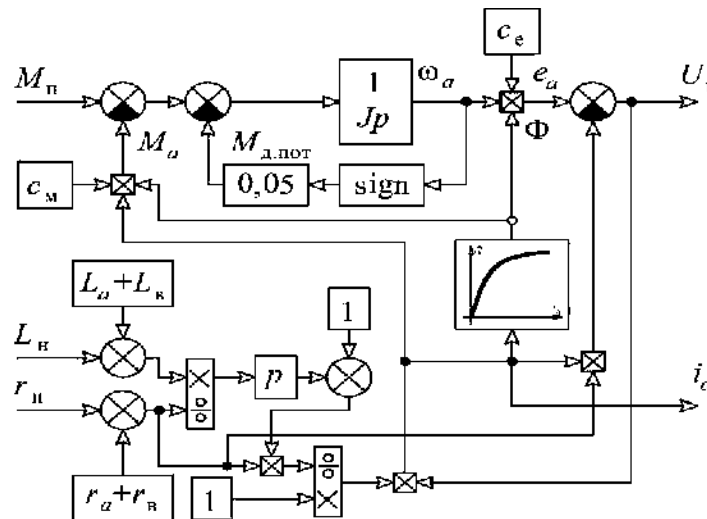


Рис. 5. Структурная схема двигателя постоянного тока

При разработке математической модели генератора будем использовать уравнения (3)–(5), (7)–(9), однако при этом необходимо учесть ряд обстоятельств:

- входной координатой выступает момент $M_п$, развиваемый приводными колесами ТВ при спуске его с горы. При движении по ровной местности или подъеме в гору этот момент преодолевался ТЭД и являлся моментом статической нагрузки;
- в качестве возмущающего воздействия выступает сопротивление нагрузки, которое в общем виде может быть реализовано в виде активной и индуктивной составляющей;
- апериодическое звено необходимо разложить на составляющие, так как входящие в его состав параметры могут меняться в течении времени.

С учетом указанных обстоятельств, а так же уравнений (3)–(5), (7)–(9), переписанных под новые входные и выходные координаты на рис. 5 представлена структурная схема генератора постоянного тока.

Разработанные на данном этапе математические модели и структурные схемы МПТ последовательного возбуждения может быть использованы при проведении вычислительных экспериментов направленных на определение энергии преобразованной при движении ТВ по путям различного профиля.

Полученная математическая модель генератора представляет наибольший интерес. На основании [9] известно, что в генераторах с последовательным возбуждением напряжение

сильно изменяется при изменении нагрузки. Проводимые вычислительные эксперименты позволяют определить с какой скоростью должен вращаться якорь МПТ и режим ее нагружения при переходе в режим рекуперативного торможения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Ионов А. А., Дорош В. Э., Десятков Д. В., Ежов Н. Д. К вопросу возможности работы приводных двигателей трамвайного вагона в режиме рекуперации / Наука и образование транспорту. – Самара, 2020. №1. – С. 290-293.
- 2 Елдыкова А.А., Ионов А.А. Анализ возможности внедрения мероприятий по рекуперации электроэнергии на участке железнодорожного сообщения «Жигулевское море – Жигулевск – Отвага» // Наука и образование транспорту – 2018. – №1. – С. 243–245.
- 3 Ионов А.А. Расчетная схема, определяющая режимы нагружения тяговых двигателей трамвайного вагона // Наука и образование транспорту. – Самара, 2021. №1. С. 289–292.
- 4 Слепцов М.А. Основы электрического транспорта. – М.: Издательство «Академия», 2006. – 464 с.
- 5 Корягина Е.Е., Коськин О.А. Электрооборудование трамваев и троллейбусов. – М.: Издательство «Транспорт», 1982. – 296 с.
- 6 Ионов, А. А. Расчетные схемы трамвайного вагона как объекта управления / Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительство и строительные технологии : Сборник статей 78-ой всероссийской научно-технической конференции, Самара, 19–23 апреля 2021 года / Под редакцией М.В. Шувалова, А.А. Пищулева, А.К. Стрелкова. – Самара: Самарский государственный технический университет, 2021. – С. 1017-1025.
- 7 Хвостов В. С. Электрические машины: Машины постоянного тока. – М.: Высшая школа, 1988. – 336 с.
- 8 Лысов В. Е. Теория автоматического управления. – Самара: СГТУ, 2001. – 200 с.

СОЗДАНИЕ ШАРОВОЙ МОЛНИИ С ПОМОЩЬЮ МИКРОВОЛНОВОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

К. И. Мукалиева¹, А. А. Могилина², В. Ф. Путько³

Введение. Шаровая молния – природное явление, выглядит как плавающее образование в воздухе, которое светится. Обычное явление разряда молнии довольно хорошо изучено и известно, но явление образования шаровой молнии до сих пор не имеет единой физической теории.

Цель проекта: изучить возникновение и природу шаровой молнии, а также создать её в лабораторных условиях при помощи микроволнового электромагнитного излучения.

Шаровая молния – это светящийся шар, возникающий во время грозы. Чаще всего он красного цвета, хотя также наблюдались различные цвета, включая жёлтый, белый, синий и зелёный. Размер варьируется в широких пределах. Внешний вид шаровой молнии отличается от обычной молнии, поскольку она часто движется по горизонтальной траектории вблизи земли с низкой скоростью. Она может оставаться неподвижной на некоторое мгновение или менять курс во время движения. В отличие от быстрой вспышки обычной молнии, шаровая молния существует в течение длительных периодов времени, нескольких секунд или даже минут. Шаровая молния может проникнуть в помещение через окна или дымоходы и может выходить через такие же отверстия. Свидетели данного природного явления часто отмечали, что несмотря на интенсивную яркость, шар не выделяет тепла и бесшумно исчезает. В других случаях происходит мощный взрыв, смещающий и повреждающий близлежащие объекты [1: 10].

Шар редко является настоящей сферой, чаще всего это масса определенной формы с выступами, может испускать искры. Вокруг молнии нередко слышен шипящий или потрескивающий звук, как при электрическом разряде. Такой шар падает прямо на землю, как тело с некоторой массой, отскакивает от земли, как упругое тело. В некоторых случаях кажется, что его несет ветер, в других – он движется прямо противоположно направлению ветра.

¹ Мукалиева Камила Ирлановна – студент группы СОДП-01, факультет СОДП

² Могилина Анастасия Анатольевна – студент группы СОДП-02, факультет СОДП

³ Путько Валерий Фёдорович – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Электротехника»

Провал теплопроводности наступает при 9000-10000 градусов (рис.). Шаровая молния теплоизолируется и сохраняет свою энергию внутри шара. Ее размеры от 1 см до 27 м в диаметре [2: 35].

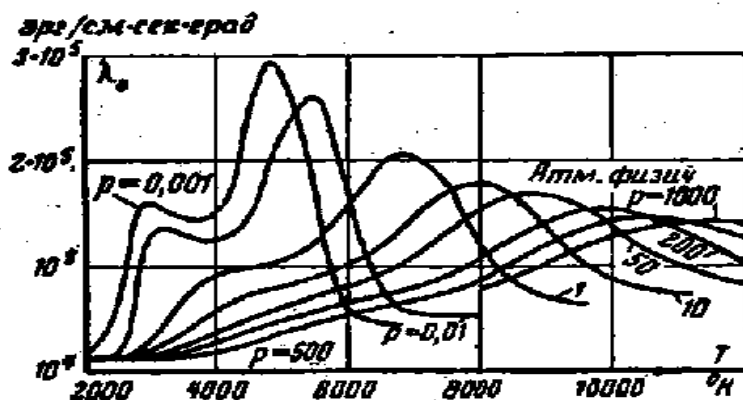


Рис. Зависимость коэффициента теплопроводности плазмы воздуха от температуры и давления

Основная проблема в рационализации поведения шаровой молнии состоит в том, чтобы согласовать сообщаемые свойства друг с другом и с известными законами физики. Если принять все доказательства (С.Сингер, 1971; А.Г. Стаханов, 1979; У. Тёрнер 1994, 1998, 2002), существует множество взаимосвязанных трудностей [3: 440]. Одна из них заключается в том, почему очень горячая плазма не поднимается вследствие своей плавучести. Другой вопрос: как она может оставаться той же формы, размера и цвета в течение нескольких минут. Эти трудности привели к появлению двух совершенно разных типов моделей шаровых молний. Они различаются в зависимости от того, предполагается ли, что энергия была получена при зарождении, или же она подаётся в шар непрерывно. Наиболее краткое описание трудностей было представлено А.Г. Стахановым. Основной его вклад последовал после публикации в журнале статьи с призывом к информации от любых свидетелей этого явления. Примерно за девять месяцев было получено около полутора тысяч ответов. По результатам опроса и собственной модели А.Г. Стаханова была предложена гипотеза, в которой речь шла о скоплении молекул воды вокруг ионов [4: 11]. К основному вопросу «Что такое шаровая молния?» он противопоставил два основных мнения: шаровая молния – это автономное тело, состоящее из какой-то нестабильной материи, при распаде которой выделяется энергия, и шаровая молния – это специфический процесс, например, конкретная форма газового разряда, из которого он непрерывно черпает свою энергию. Большинство трудностей, связанных с попытками понять шаровую молнию, происходят из одной основной области недостающей науки. Это может показаться удивительным, что целая область классической физики и химии могла игнорироваться на протяжении большей части 20-го века несмотря на то, что это явление привлекло внимание таких учёных, как: Р. Бойль, П.Л. Капица, М. Фарадей, А. Теплер [4: 450].

Мы попробовали создать свою шаровую молнию в лабораторных условиях с помощью микроволнового электромагнитного излучения частотой 860 МГц (длина волны 35 см, как у П.Л. Капица) [5: 590]. Поместили свечу высотой 3-5 см в микроволновую печь на металлическую поверхность без стеклянной тарелки, в кончик свечи воткнули спичку и подожгли так, чтобы пламя со свечи соскакивало. Закрыли дверцу и включили микроволновую печь на полную мощность. После проведения данных действий был услышан сильный треск, а затем со свечи начали соскакивать огненные шарики, сначала жёлтого и оранжевого цвета, затем синего и белого. Эти шарики «летали» по микроволновой печи и издавали сильное жужжание. Эксперимент получился с первого раза, потому что удалось найти «горячее место» в печи.

Таким образом, было изучено явление возникновения шаровой молнии и проведен опыт в лаборатории. Несмотря на то, что данное природное явление вызывает интерес в течение долгого времени, серьёзное его изучение началось относительно недавно, после долгих сравнительных анализов и полученных результатов большого количества наблюдений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Смирнов Б.М. Проблема шаровой молнии. М.: Энергоатомиздат, 1985. С. 9-15.
- 2 Полак Л.С. Очерки физики и химии низкотемпературной плазмы. М.: Изд-во Наука, 1971. С. 33-37
- 3 Стаханов И.П. О физической природе шаровой молнии. М.: Энергоатомиздат, 1985. С. 10-15.
- 4 David J.Turner. The Missing Science of Ball Lightning// Journal of Scientific Exploration. 2003. Vol. 17, No.2, pp. 435-496.
- 5 Капица П. Л. // ЖЭТФ, 1951, т. 21, вып. 5, с. 588-597.

НЕЙРОПРОЦЕССОРНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПЕРЕЕЗДА

И. С. Чапланов¹, Н. С. Шорохов²

Введение. По оперативным данным ОАО “РЖД” в 2021 году на железнодорожных переездах зафиксировано 219 дорожно-транспортных происшествий, это на 7 % больше, чем за 2020 год. Причинами ДТП стали грубые нарушения правил дорожного движения – водители автотранспорта выезжали на пути на запрещающий сигнал светофора либо неисправность автомобиля, повлекшая столкновение с проходящим подвижным составом. Аварии приводят не только к убыткам компании, но и к человеческим жертвам.

В итоге данных происшествий сбиваются графики движения составов, что накладывает дополнительные нагрузки на отдел логистики. При ДТП возможен и сход состава с ЖД путей, а также поломка локомотива, что приведет к дополнительной нагрузке на локомотивный парк. В худшем случае, при сходе пассажирского поезда с рельс может пострадать не только виновник ДТП, но и непосредственные клиенты ОАО “РЖД”. Также данные аварии могут приводить к выводу из строя огромного количества систем во всем составе, что повлечет еще большие затраты для компании. К сожалению, в 90 % случаев у машиниста нет возможности заблаговременно узнать о препятствии на переезде, и он не может корректно среагировать и своевременно начать торможение. На сегодняшний день на РЖД отсутствует система, которая смогла бы исключить человеческий фактор в данных ситуациях, а именно человеческий фактор и несоблюдение элементарных правил дорожного движения приводят к ДТП.

Данная проблема существовала практически всегда, и не смотря на всевозможные методы борьбы с ней, остаётся актуальной по сей день, а значит требуется разработать такое решение проблемы ДТП на железнодорожных переездах, который бы значительно снизил, или же вовсе свел к нулю число подобных происшествий.

Для предотвращения ДТП на железнодорожных переездах следует разработать автоматическую систему обнаружения объектов на железнодорожном переезде, которая при обнаружении человека или механического транспортного средства на железнодорожном переезде, подавала предупреждающий сигнал в систему информирования машиниста. Это позволит значительно снизить число ДТП, а следовательно уменьшить потери ОАО “РЖД” и количество летальных случаев.

Система должна быть реализована в компактном варианте, также должна быть легка в обслуживании и недорога в производстве, а главное иметь возможность размещения на любом участке железной дороги.

Основная часть. Обнаружение объектов на потоковых видео реализовано посредством нейросети на языке программирования Python. Для обнаружения машин и людей используются специальные файлы классификаторов, которые можно обучить различать объекты с потоковых видео в условиях непогоды, что позволяет повысить рациональность использования системы для предотвращения ДТП на железнодорожных переездах.

¹ Чапланов Иван Сергеевич – студент группы ИВТ6-01, факультет АИТС

² Шорохов Николай Сергеевич – к.т.н., доцент кафедры «Электротехника»

Нейросеть использует для обнаружения только CPU, что позволяет разместить её на микропроцессорной системе [1: 167–177]. Благодаря этому система становится компактной и возможной к размещению на любом участке железной дороги, также благодаря этому снижается себестоимость системы, так как стоимость микропроцессорной системы значительно меньше, чем стоимость полноценной системы с CPU и GPU.

Выбирая процессор для реализации микропроцессорной системы учитывались показатели стоимости, производительности и специализации процессора. После глубокого анализа ряда процессоров был выбран отечественный нейропроцессор NM6408, который идеально подходит для работы нейросетей и обеспечит их быстрое действие даже при параллельном анализе видеопотока с нескольких камер, также стоимость процессора на начало 2022 года составляет 70\$ (около 5 тыс. рублей), когда ближайший по мощности зарубежный аналог от компании Nvidia стоит более 120\$ (около 8 тыс. рублей). Сама микропроцессорная система имеет возможность подключения к нескольким видеокамерам, что позволит с большей точностью анализировать железнодорожные переезды. Также плюсом является независимость от импорта, что позволит поддерживать работоспособность и непрерывное внедрение системы вне зависимости от ситуаций на мировом рынке.

Принцип работы системы: Сигнал приближения поезда > Подключение камеры к системе, далее возможно два сценария события.

1 сценарий - Обнаружен объект(транспорт, человек) > Передача сигнала в СИМ(Система информирования машиниста, которая уже реализована и используется ОАО “РЖД”) > Ожидание пропажи сигнала приближения поезда > Отключение камеры от системы.

2 сценарий - Объекты не обнаружены > Ожидание пропажи сигнала > Отключение камеры от системы.

Сама система обнаружения объектов на железнодорожном переезде состоит из микропроцессорной системы с предустановленной нейросетью [2], прототип которой уже разработан мной на языке программирования python с использованием библиотеки OpenCV, видеокамеры и модема, предназначенного для передачи сигнала в СИМ.

Главными плюсами данной системы являются: Возможность работы в ночное время, во время дождя, снега, тумана и смога; Простота в обслуживании, систему можно легко транспортировать, менять и ремонтировать при выходе из строя; Малые габариты и простота в эксплуатации, системе не требуется ничего, кроме питания и подключения к камере; Возможность подключения к уже предустановленным камерам.

Вывод. При реализации данной системы прогнозируется снижение случаев ДТП на железнодорожных переездах на 70 % и вследствие этого снижение финансовых потерь компании ОАО “РЖД” связанных с ДТП на переездах и мероприятиями по их устранению. Благодаря использованию отечественных комплектующих и разработок, потребуются минимальные затраты для внедрения данной системы, что позволит значительно снизить время, требуемое для окупаемости технологии.

В итоге система позволит значительно упростить все мероприятия связанные с предотвращением ДТП на железнодорожных переездах, практически полностью убирать человеческий фактор в данных ситуациях, снизить финансовые потери компании, а главное позволит сохранить людские жизни.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Б.В. Костров, В.Н Ручкин Микропроцессорные системы: учебное пособие/ Десс.-М.,2005.-С.167,174,177.
- 2 Анкур Патэл Прикладное машинное обучение без учителя с использованием Python

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ПОЕЗДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СРЕДСТВ СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИИ ГЛОНАСС/GPS

И. А. Костин¹, Ф. Р. Ахмадуллин²

Введение. В наше время обеспечения безопасности и бесперебойности функционирования железнодорожного транспорта при одновременном повышении качества системы контроля и снижении затрат на поддержание высокого уровня надежности всегда будет являться актуальной проблемой. На сегодняшний день пропускная способность поездов не велика. В основном это из-за существующего способа регулирования движения поездов, в котором начало движения, и остановка поезда осуществляется по напольным сигналам или сигналам автоматической локомотивной сигнализации (АЛС) [1, 2, 3]. Недостатками способа являются низкая пропускная способность из-за низкой точности определения координаты препятствия (впереди идущий поезд или расстояние до сигнала определяется с точностью соответствующей длине блок-участка – 1,0-2,5 км); низкая надежность регулирования движения поездов, в виду того, что информация о плане и профиле пути вводится посредством системы автоматического управления торможением САУТ-М, а не хранится постоянно в памяти ЭВМ.

Установка системы ГЛОНАСС/GPS позволит узнавать местонахождение поездов, определять препятствия. Зная расстояние до ушедшего со станции состава, диспетчер и водитель-оператор локомотива, смогут принять решение по отправке состава со станции, что позволит увеличить пропускную способность.

По статистике количество подвижного состава, оснащенного аппаратурой ГЛОНАСС и GPS, составляет более 14 тыс. единиц, 10 тысяч единиц из которых оснащены приемниками ГЛОНАСС.

Первым делом аппаратурой ГЛОНАСС обеспечивается подвижной состав ОАО «РЖД»: локомотивы, штабные вагоны пассажирских поездов дальнего следования, моторвагонные секции пригородных электропоездов, ремонтно-восстановительные, диагностические и измерительные поезда, вагоны-лаборатории.

Но с начала 2021 года началось полномасштабное внедрение систем ГЛОНАСС и GPS для обеспечения безопасности особо важных грузов и пассажиров, но возможностей для реализации систем еще не мало.

Цель работы: снижение затрат на простой подвижного состава.

Задачи:

1. Создание системы, дублирующая светофоры и положение локомотивов на пути на высоком уровне, то есть повышение уровня (надежности или работоспособности) системы контроля участков пути.
2. Сбор данных о местонахождении составов существующими методами.
3. Оптимизация трудовых ресурсов.

Основная часть: Для того, чтобы создать новую систему дублирования и положения локомотивов на пути, необходимо знать действующие системы интервального регулирования движения поездов (ИРДП) [1, 2, 3]. Одна из таких систем – это автоматическая блокировка (автоблокировка или АБ). АБ – система автоматического регулирования интервалов между железнодорожными поездами, попутно следующими по железнодорожному перегону. В ней применены станционные радиостанции на железнодорожной станции. Организованы выделенные радиоканалы для получения и передачи информации о местоположении железнодорожных составов. Обмен данными о местоположении железнодорожных составов между станциями происходит с использованием проводных каналов межстанционной связи.

Существует система СИРДП Е, которая использует радиоканал для сокращения интервала между поездами [4]. Для определения местонахождения поездной единицы система использует бортовые средства одометрии с корректировкой при помощи пассивных реперных датчиков и/или систем спутниковой навигации ГЛОНАСС/GPS. Тут стоит отметить, что одометрия не может определить местонахождение объекта, так как она использует информацию о движении, для оценки перемещения. Поэтому одометрия не может быть методом

определения положения, а лишь способом его оценки. Спутниковая навигация тоже используется, только она работает в этом случае, как посредник для передачи сигнала.

СИРДП Е использует радиосвязь стандарта TETRA [4]. Ее диапазон частот 100-1000 МГц, следовательно, эта связь находится в дециметровом диапазоне волн, что в свою очередь включает ее в ультравысокий диапазон частот, в котором расстояние между двумя антеннами составляет около 27 км. Это очень неэффективно, поскольку потребуются большие затраты на установку таких антенн, чтобы проследить местоположение поезда единицы.

Предлагается не заменять существующую систему СИРДП Е, а дополнить ее улучшенной версией системы определения местонахождения. И в будущем сделать эту версию даже основной на определенных участках. Система будет включена в работу всегда, но диспетчеры будут обращаться к ней при неисправности основной системы ИРДП.

Рассмотрим систему ГЛОНАСС подробнее. Суть работы ГЛОНАСС состоит в передаче сигнала с космического устройства на принимающее устройство и определении положения последнего относительно спутника. В итоге, система узнает, на каком расстоянии принимающее устройство находится от аппарата. Но информации с одного устройства недостаточно. Для определения местоположения объекта по трем координатам (широта, долгота, высота над уровнем моря) нужен передающий сигнал с четырех спутников.

ГЛОНАСС может тоже работать в таком диапазоне частот, что и радиосвязь, однако разница в том, что он может работать в диапазонах выше, чем радиосвязь. Также не стоит забывать о простоте подключения (мобильная SIM-карта и внутренний интернет). Телефонные вышки охватывают своим действием от 35 км до 70 км, что уже уменьшает количество затрат на монтаж антенн радиосвязи (1). ГЛОНАСС используется портативными компьютерами и телефонами наряду с GPS. При активации навигационных приложений приемник в устройстве получит сигналы со спутников и определит местонахождение объекта на карте (при хорошей связи погрешность может составлять 2 метра от действительного местонахождения). Формула расчета дальности действия радиосигнала приведена ниже.

$$D = 3,57(\sqrt{h1} + \sqrt{h2}), \quad (1)$$

где D-максимальная дальность прямой видимости, h1 и h2 – высота антенн.

Использование ГЛОНАСС и отправка сигналов не требует денежных средств, поэтому затраты установки системы определяется ценой составных элементов:

- оборудование: трекеры, терминалы, датчики, кнопки,
- коммуникационные затраты, то есть подключение к интернету,
- программное обеспечение.

Цена подключения системы напрямую зависит от количества необходимого оборудования.

Средняя цена установки оборудования на 1 объект – около 3 000 рублей. При подключении большего количества трекеров компании начинают снижать цены. Эта система не требует большого и объемного программного обеспечения. Например, имеется программа в открытом доступе «Gelios», которая использует информационную базу ГЛОНАСС и способна запоминать маршруты и скорость транспорта.

Также система позволит машинистам видеть наглядно в настоящий момент времени ближайшие составы. Это в свою очередь снизит вероятность аварий и увеличит вероятность прохождения “маршрута точно в срок”. Машинисты и диспетчера в режиме реального времени смогут следить за тем, где и сколько находятся составов для выбора наиболее оптимального скоростного режима.

В будущей перспективе при удачном развитии технологий и увеличении их точности и уменьшения процента отказов можно будет добиться того, что определённые профессии, в частности диспетчера, будут сведены на нет и их надобность просто отпа-

дет. Это приведет к экономии средств за счет сокращения штата и снизит издержки, появившиеся вследствие человеческого фактора.

Заключение: система ГЛОНАСС/GPS сможет обеспечить экономию средств не только из-за снижения затрат на простой подвижного состава, но также за счет сокращения штата и уменьшения вероятности аварийных ситуаций. Кроме того, увеличение качества мониторинга позволит с большей точностью устанавливать оптимальный скоростной режим состава и приведет к увеличению скорости перевозки грузов (увеличение трафика).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Полевой Ю. И. Перспективные методы контроля состояния железнодорожных путевых участков / Ю. И. Полевой, М. В. Трошина, Ф. Р. Ахмадуллин // Актуальные проблемы развития железнодорожного транспорта: материалы 2-й Международной научно-практической конференции, Самара, 07–08 декабря 2005 года. – Самара: СамГАПС, 2006. – С. 171-174.
- 2 Полевой Ю. И. Методы построения перспективных систем ИРДП / Ю. И. Полевой, М. В. Трошина, Ф. Р. Ахмадуллин // Актуальные проблемы развития железнодорожного транспорта : материалы 2-й Международной научно-практической конференции, Самара, 07–08 декабря 2005 года. – Самара: СамГАПС, 2006. – С. 168-171.
- 3 Надежкин В. А. Анализ новых систем интервального регулирования движения поездов / В. А. Надежкин, А. С. Хохрин, В. Б. Тепляков // Образование - Наука - Производство: Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции, Чита, 24 декабря 2020 года. – Чита: Забайкальский институт железнодорожного транспорта - филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Иркутский университет путей сообщения", 2020. – С. 169-173.
- 4 Хохрин А. С. Анализ способов организации управления движением при СИРДП-е / А. С. Хохрин, Н. Д. Ежов, А. С. Сахипкиреева // Образование - Наука - Производство: Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции, Чита, 24 декабря 2020 года. – Чита: Забайкальский институт железнодорожного транспорта - филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Иркутский университет путей сообщения", 2020. – С. 281-285.

АНАЛИЗ ПРИЧИН НАМАГНИЧЕННОСТИ РЕЛЬСОВ В ИЗОЛИРУЮЩИХ СТЫКАХ

А. В. Карманников¹, Д. А. Волкова², В. А. Надежкин³

Введение. Для безопасного движения поездов, используют изолирующие стыки. Они необходимы для того, чтобы разграничить смежные рельсовые цепи. Изолирующий стык представляется собой крепление двух последовательно уложенных рельсов, соединяющие соседние металлоконструкции в прочную и непрерывную нить и полностью блокирующее прохождение электричества между ними [1]. В зависимости от участка расположения, изолирующий стык может выполнять следующие функции:

- логическое и функциональное отделение разных участков полотна;
- полная блокировка электросвязи разнополярных нитей.

На сети железных дорог изолирующие стыки применяют на стрелочных переводах, в пунктах приема-отправки подвижных составов, возле светофоров всех типов, а также на станциях с малой интенсивностью перемещения транспорта.

Из-за динамики верхнего строения пути от подвижного состава в особенности на электрифицированных участках железных дорог, в зоне изолирующих стыков возникает намагниченность, что влечет за собой отказы рельсовых цепей. Именно поэтому для решения этой проблемы приведен анализ намагниченности и исследованы причины отказов.

Основная часть. Для разделения рельсовых цепей, применяют следующие типы накладок:

¹ Карманников Артем Вячеславович – студент группы СОДП-91, факультет ЭТФ

² Волкова Дарья Андрьяновна – студент группы СОДП-91, факультет ЭТФ

³ Надежкин Вадим Александрович – преподаватель кафедры «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте»

- объемлющие металлические;
- двухголовые металлические;
- метало-полимерные;
- композитные.

Широкое распространение в последнее время получили сборные изолирующие накладками из полимерных композитных материалов производства «АпАТЭК». С применением этих накладок решились проблемы, такие как прочности, усталости и износа, но тем самым появилась новая проблема – повышение намагниченности изолирующих стыков, что влечет за собой образование между торцами рельсов шунтирующего мостика. В первую очередь, это происходит из-за остаточной намагниченности рельсов в изолирующем стыке, что способствует формированию токопроводящих цепочек, за счет прилипания металлической стружки, она появляется из-за механического воздействия тормозных колодок и рельсов. Это приводит к сбою в работе СЦБ, АЛС и возникновение ложной занятости [2].

При сравнении накладок производства «АпАТЭК» с другими видами накладок, выявлены их отличия. Во-первых, при проведении работ с объемлющими и двухголовыми накладками производится окраска внутренней и наружной части эмалевой или масляной краской. Это необходимо, чтобы сократить риск закорачивания изолирующих стыков металлическими предметами. Во-вторых, намагниченность в изолирующих стыках с объемлющими накладками не наблюдается, так как магнитное поле в зоне стыка шунтируется, из-за большого объема металлической накладки. В изолирующих стыках с накладками АпАТЭК шунтирование не происходит, так как металлические элементы в данном типе накладки отсутствуют [3].

В ходе работы привели статистику, наиболее встречающихся причин отказов рельсовых цепей (рис. 1). И статистику выхода из строя изолирующих стыков за последние 3 года. Из рис.2 видно, что в 2019 и 2020 годах количество вышедших из строя стыков на 25,83% больше, чем в 2021 году. Но все же несмотря на данное снижение данная проблема остается актуальной.

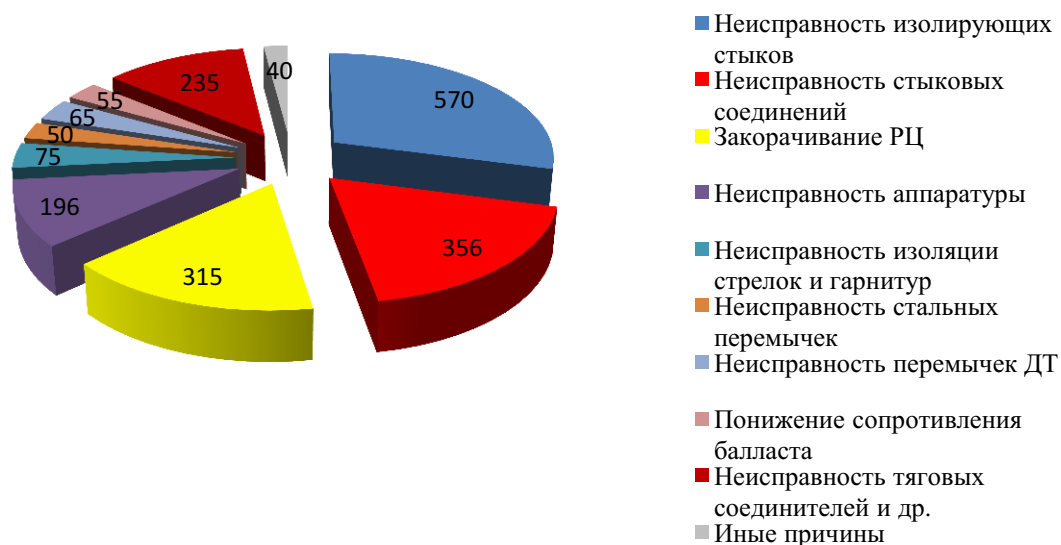


Рис. 1. Количество случаев отказов РЦ по различным причинам

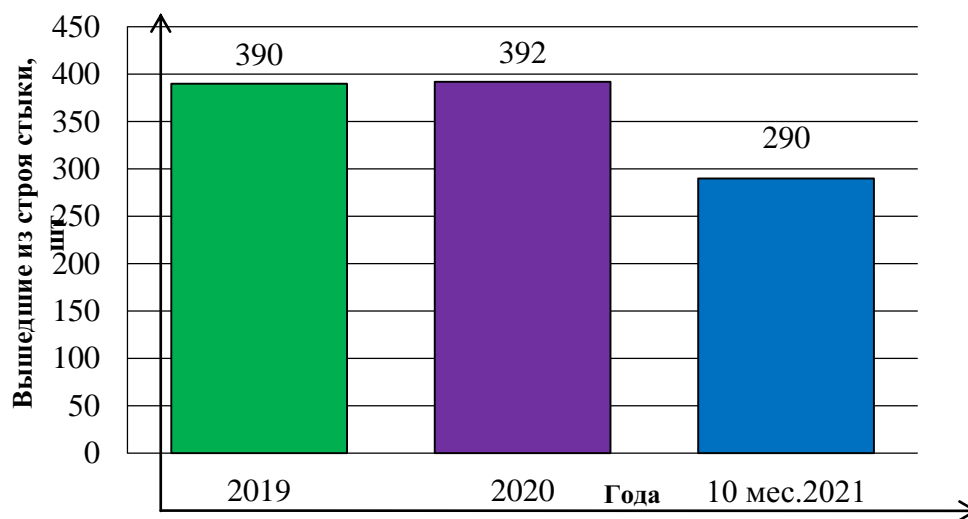


Рис. 2. Статистика отказов изолирующих стыков

В ходе анализа были выявлены основные причины возникновения намагниченности.

- из-за применения путевых машин тяжелого типа при производстве путевых работ с магнитозахватными механизмами (которые могут привести к образованию «магнитных пятен»);
- остаточная намагниченность рельсов, которая изменяется из-за эксплуатационных условий;
- проход трасс силовых кабелей с незначительным заглублением от поверхности в непосредственной близости от изолирующего стыка;
- проход тягового тока по рельсовым цепям.

И чтобы бороться с этими причинами, разработаны методы борьбы с намагниченностью. Существует три метода, которые уже используются, но не усовершенствованы [4]:

- пассивный метод. Суть метода заключается в том, чтобы заполнить воздушный зазор в стыке магнитопроводящим материалом, благодаря этому удастся снизить магнитное сопротивление;
- активный метод. Разработан размагничивающий шунт и индикатор контроля намагниченности. При применении магнитных систем магнитное поле в зоне изо-стыка распределяется путем наложения внешнего магнитного поля;
- создание искусственного барьера. Используют самый дешевый способ снижения намагниченности такой, как покраска торцов рельсов в изолирующем стыке [5].

Заключение. В ходе анализа, большое влияние на возникновение намагниченности оказывает выбор накладки. Таким образом, применяя композитную накладку, обеспечивается механическая прочность изолирующих стыков, но проблема намагниченности увеличивается. И для устранения этой проблемы разрабатываются методы и устройства, стабильно устраняющие намагниченность изолирующих стыков с композитными накладками и при этом не уменьшать количество их использования на сети железных дорог России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Изолирующий стык: пат. 105503 U1 Рос. Федерация. №2011106373/11, заявл. 21.02.2011, опубл. 10.06.2011. С. 1-7.
- 2 Абрамов В. М., Чегуров А.Б. Влияние остаточной намагниченности рельсов на устойчивость работы АЛСН // Вестник РГУПС. 2009. № 4. С. 70-76.
- 3 Тарасова А. Е., Вельмин С. А., Надежкин В. А., Кравцова Н. А. Статистический анализ отказов изолирующих стыков // Наука и образование транспорта. 2021. С. 320–322.
- 4 Емельянов Е. Н., Фадеев В. С. Размагничивающий шунт для изолирующих стыков // Путь и путевое хозяйство. 2015..№ 8.
- 5 Тарасов Е. М., Булатов А. А., Тарасова А. Е., Вельмин С. А. Обучение классификатора состояний рельсовых линий // Наука и образование транспорту. 2020. № 1. С. 300-302.

О ВОЗМОЖНОСТИ ОЦЕНКИ ПРОДОЛЬНОЙ АСИММЕТРИИ РЕЛЬСОВОЙ ЛИНИИ ПОСРЕДСТВОМ ЛОКОМОТИВНЫХ ПРИЕМНЫХ КАТУШЕК АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЛОКОМОТИВНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ

Т. Д. Десяткова¹, А. С. Хохрин², Р. Р. Юсупов³

Введение. На российских железных дорогах для интервального регулирования движения поездов [1] применяется автоматическая локомотивная сигнализация (АЛС), данная система увеличивает пропускную способность железных дорог, гарантирует безопасность движения и эффективное руководство процессом перевозок.

Данная система подвержена таким видам асимметрии, как:

- 1) отличие значений тяговых токов, проходящих под приемными локомотивными катушками АЛС в рельсах, что приводит к сбоям в работе этих устройств;
- 2) склонность воздействию элементов верхнего строения пути с неравномерной остаточной намагниченностью и рельсов.

Помимо этого, выделяют и внешние факторы, такие как, зависимость от степени закручивания стыковых болтов, внешние повреждения поверхностей рельсов и накладок, влияния окружающей среды (коррозия металла, обрыв, ослабление закручивания болтов).

Одним из важных направлений железнодорожной автоматики и телемеханики является оценка продольной асимметрии рельсовой линии.

Целью работы является изучение возможности оценки продольной асимметрии рельсовой линии посредством локомотивных приемных катушек АЛС.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Проведение патентного поиска по данному направлению.
2. Рассмотрение устройств, предназначенных для оценки продольной асимметрии, используемые в настоящее время.
3. Проведение сравнительного анализа.

Основная часть. Перспективным направлением в изучении асимметрии рельсовой линии является оценка данной асимметрии с помощью локомотивных приемных катушек АЛС. Работа в данном направлении уже ведется. Для поиска решений, направленных на оценку асимметрии рельсовой линии был проведен патентный поиск:

Одним из возможных способов оценки продольной асимметрии является решение, под названием «Способ и мобильное устройство контроля целостности рельсовых линий» [2].

Этот способ предполагает сравнение тяговых токов в рельсовых нитях между локомотивными тележками. В рассматриваемом способе суммарная ЭДС не должна превышать 10 %, поскольку обмотки катушек подключаются встречно друг другу. В случае неисправности суммарная ЭДС превышает пороговое значение, после этого фиксируется местоположение локомотива, и, посредством радиоканала информация передается на пост ЭЦ.

Следующий рассматриваемый способ измерения асимметрии рельсовой линии носит название «Способ измерения асимметрии переменного тягового тока в рельсовых линиях под катушками АЛС» [3].

Суть способа заключается в том, что определяют напряжения на выходе бесконтактных датчиков тока, накладывание которых происходит на рельсовые нити, отличающиеся друг от друга, в этой точке или измеряют падение напряжения в точке рельсовой линии в различных друг от друга рельсовых нитях на участках равной длины, а затем отношением разности этих напряжений на их сумму вычисляют значение асимметрии тягового тока в точке рельсовой линии. В конце, в нужной нам точке рельсовой

¹ Десяткова Татьяна Денисовна – студент группы СОДП-81, Электротехнический факультет

² Хохрин Алексей Сергеевич – аспирант кафедры «Автоматика, телемеханика и связь на ж.д. тр.-те»

³ Юсупов Руслан Рифович – к.т.н., доцент кафедры «Автоматика, телемеханика и связь на ж.д. тр.-те»

линии накладывают на рельсы шунт в точке измерения, а измерения делают за местом наложения шунта походу поезда.

В настоящее время существуют более простые в применении способы оценки продольной асимметрии рельсовой линии. Например, асимметрия рельсовой линии оценивается при помощи следующих решений [4]:

1. Применение современных типов стыковых соединителей, таких как пружинные СРСП, СРСП - ИР. Такие соединители монтируются в рельсовый стык в количестве двух штук. С шейки рельса снятие ржавчины осуществляется с помощью тонкослойного износостойкого покрытия пружинных соединителей из карбида, вольфрама и кобальта, что в свою очередь, уменьшает сопротивление электрического стыка.

2. Применение дроссельных перемычек и электротяговых соединителей втулочного типа. Они имеют оригинальный узел крепления к рельсу, который отличается от традиционного тем, что штепселя снабжены втулкой.

3. Замена электромеханических приборов на бесконтактные электронные приборы. В схемах включения трансмиттерного реле начали применять бесконтактный коммутатор тока, увеличивающего в лучшую сторону работу контактов самого трансмиттерного реле; использование бесконтактного кодово-путевого трансмиттера вместо кодового путевого трансмиттера. Бесконтактный кодовый путевого трансмиттер содержит в себе два тиристора и управляющие цепи. В релейно-контактной аппаратуре кодовой автоблокировки бесконтактный коммутатор тока решает задачу повышения надежности коммутационного узла и повышает качество кода АЛС, способствуя тем самым улучшению работы автоматической локомотивной сигнализации.

Изучив методы решения проблемы возможности оценки продольной асимметрии рельсовой линии посредством локомотивных приемных катушек АЛС, проведенный сравнительный анализ показывает, что использование принятых методов решения являются не достаточно эффективными, а так же экономически не выгодными. В тоже время рассмотренные патенты позволят достичь необходимого результата по изучению продольной асимметрии и дать начало новым, перспективным исследованиям в области развития системы АЛСН, АЛС-ЕН.

Заключение. Исходя из выше сказанного сделаем вывод, что хоть система АЛС (АЛСН, КЛУБ) и может быть модернизирована для измерения асимметрии тягового тока и нахождения места повреждения рельсовой линии, и в этом направлении уже ведутся исследования, необходимо понимать, что для реализации решений, представленных выше, и их применения на сети железных дорог уйдут годы. Дальнейшая работа коллектива соавторов направлена на разработку дополнительных способов оценки продольной асимметрии рельсовой линии посредством приемных локомотивных катушек АЛС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Анализ новых систем интервального регулирования движения поездов / В. А. Надежкин, А. С. Хохрин, В. Б. Тепляков // Образование - Наука - Производство: Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции, Чита, 24 декабря 2020 года. – Чита: Забайкальский институт железнодорожного транспорта - филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Иркутский университет путей сообщения". 2020. С. 169-173.
- 2 Патент № 2710840 С1 Российская Федерация, МПК В61L 23/16. Способ и мобильное устройство контроля целостности рельсовых нитей : № 2019115400 : заявл. 20.05.2019 : опубл. 14.01.2020 / Ю. И. Полевой.
- 3 Патент № 2529566 С1 Российская Федерация, МПК В61L 23/16. Способ измерения асимметрии переменного тягового тока в рельсовых линиях под катушками АЛС : № 2013104142/11 : заявл. 01.02.2013 : опубл. 27.09.2014 / В. И. Шаманов ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Московский государственный университет путей сообщения" (МИИТ).
- 4 Сороко В. И., Фоткина Ж. В. Аппаратура железнодорожной автоматики и телемеханики: Справочник: в 4 кн. Кн. 3. – 4-е изд. Москва : ООО «НПФ «ПЛАНЕТА», 2013. 1016 с.
- 5 Патент на полезную модель № 165420 U1 Российская Федерация, МПК В61L 23/00. Приемное устройство автоматической локомотивной сигнализации : № 2015155567/11 : заявл. 23.12.2015 : опубл. 20.10.2016 / В. Б. Леушин, Р. Р. Юсупов, К. Э. Блачев ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Самарский государственный университет путей сообщения" (СамГУПС).

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ПРИМЕНЕНИЯ В ЛОКОМОТИВНОМ ПРИЁМНИКЕ КАНАЛА АЛСН СХЕМЫ БЛАНКИРОВАНИЯ И СХЕМЫ ШОУ

М. А. Ионин¹, Н. Д. Колодина², А. С. Хохрин³

Введение. Устройства автоматической локомотивной сигнализации непрерывного типа АЛСН [1], которой оборудованы большая часть участков магистральных железных дорог России и стран СНГ, несмотря на моральное устаревание, еще долго будет эксплуатироваться, поскольку не имеет альтернативы, способной к быстрому массовому внедрению. Поэтому сохраняют актуальность исследования, направленные на улучшение ее технических характеристик с целью повышения качества работы [2-4]. Одной из таких характеристик, напрямую влияющих на способность АЛСН выполнять свои функции по регулированию движения поездов и обеспечению его безопасности, является помехоустойчивость локомотивного приемника АЛСН. Приемник АЛСН функционирует в условиях воздействия разнообразных помех, возникающих в индуктивно-рельсовой линии канала передачи сигналов на локомотив и приводящих к сбоям в работе АЛСН. Это обуславливает необходимость исследования и разработки мер по повышению помехоустойчивости локомотивного приемника.

Основная часть. На участках с электротягой постоянного тока в канале автоматической локомотивной сигнализации непрерывного типа АЛСН действуют значительные по энергии и интенсивности импульсные помехи от тягового тока электроподвижного состава [5].

Под импульсной помехой подразумевают регулярную или хаотическую последовательность импульсов, длительность которых значительно меньше длительности элемента сигнала. Импульсные помехи носят индустриальные помехи, возникающие от различных электрических устройств, а также от атмосферы. На железнодорожном транспорте импульсные помехи создаются, прежде всего, контактной сетью электротяги и другими устройствами, где осуществляется коммутация значительных по величине токов.

Основной причиной возникновения аддитивных импульсных помех в рельсовых цепях и каналах АЛСН является изменение по абсолютной величине тягового тока при наличии продольной асимметрии РЛ и приёмного тракта каналов АЛСН.

Наиболее действенные методы борьбы с импульсной помехой основаны на амплитудном ограничении входного сигнала или на мгновенном запираении приемника на время действия импульсной помехи (бланкировании).

В 1946 г. академиком А.Н. Щукиным была предложена нашедшая широкое применение схема для комплексного подавления импульсных и флуктуационных помех, названная схемой ШОУ (широкая полоса, ограничитель, узкая полоса) (рисунок 1).

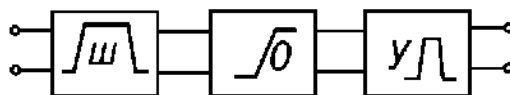


Рис. 1. Схема ШОУ

Широкополосный входной блок обеспечивает малое «расплывание» входной импульсной помехи (длительность переходного процесса в линейной системе обратно пропорциональна полосе пропускания) (рисунок 2, а). Затем помеха подвергается нелинейному преобразованию (амплитудному ограничению на уровне $U_{огр}$, выше уровня сигнала) (рисунок 2,б). При этом площадь импульса помехи, а, следовательно, и его энергия уменьшаются. Далее узкополосная фильтрация после амплитудного ограниче-

¹ Ионин Михаил Александрович – студент группы СОДП-92, Электротехнический факультет

² Колодина Надежда Дмитриевна – студент группы СОДП-83, Электротехнический факультет

³ Хохрин Алексей Сергеевич – преподаватель кафедры «Автоматика, телемеханика и связь на ж.д. тр.-те»

ния подавляет частотные составляющие импульсной и флуктуационной помех вне полосы частот сигнала.

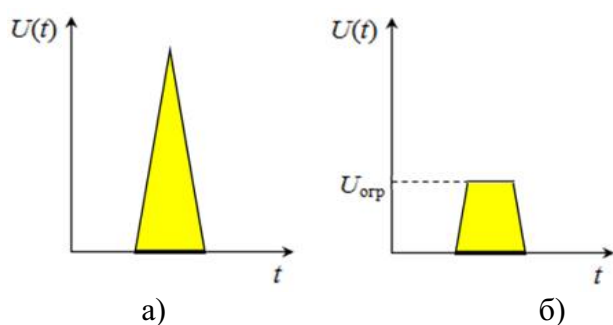


Рис. 2. Преобразование входной импульсной помехи в схеме ШОУ

Недостатком схемы ШОУ является то, что наличие нелинейности в тракте приема сигнала затрудняет борьбу с гармонической помехой. Кроме того, при уровне амплитудного ограничения меньше амплитуды сигнала одновременно с ограничением импульсной помехи будет происходить и ограничение сигнала, что вызовет его частичное подавление.

Пример подавления сигнала в схеме ШОУ показан на рисунке 3

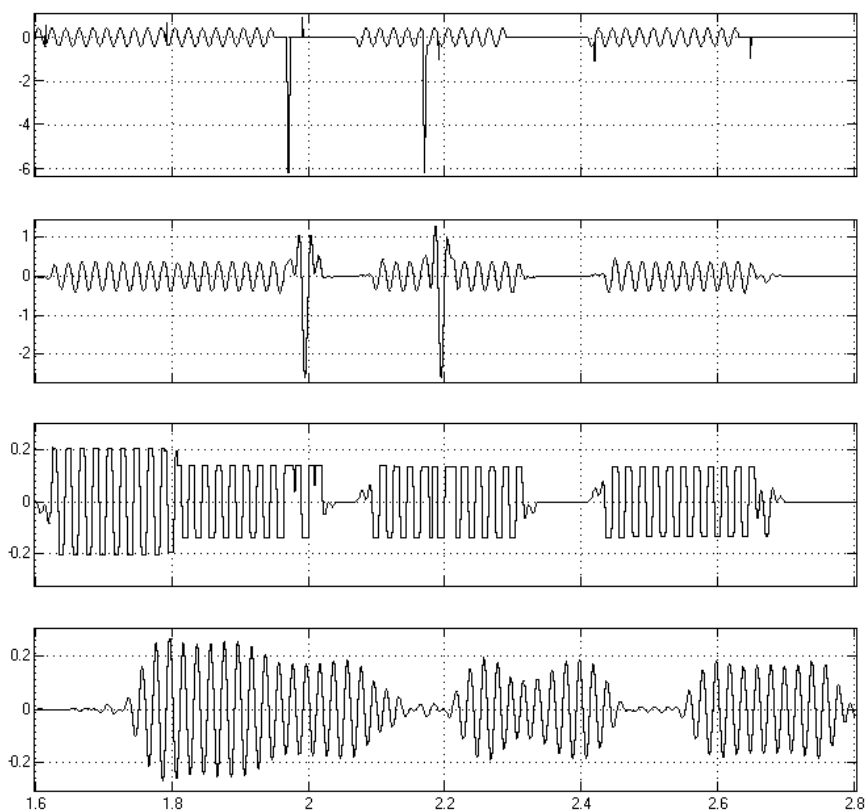


Рис. 3. Пример подавления сигнала в схеме ШОУ

На графиках рисунка 3 сверху вниз показаны:

- аддитивная смесь сигнала АЛСН амплитудой 0,4 В и импульсной помехи;
- сигнал на выходе широкополосного фильтра;
- сигнал на выходе амплитудного ограничителя;
- сигнал на выходе узкополосного фильтра (всей схемы ШОУ).

Как видно из графиков, амплитудное ограничение сигнала вследствие неправильно выбранного (заниженного) порога ограничения вызвало снижение уровня сигнала на выходе схемы ШОУ с 0,4 до 0,2 В, т.е. в два раза.

Другой способ подавления импульсной помехи – бланкирование (рисунок 4).



Рис. 4. Схема бланкирования

При достижении сигналом на входе блока бланкирования ББ (рисунок 5,а) уровня бланкирования $U_{\text{бланк}}$, выход блока бланкирования полностью запирается, отсутствует и помеха, и сигнал (рисунок 5,б). При бланкировании площадь, а, следовательно и энергия импульса помехи уменьшается сильнее, чем в схеме ШОУ (рисунок 2,б), но и подавление сигнала при заниженном пороге бланкирования будет более значительное.

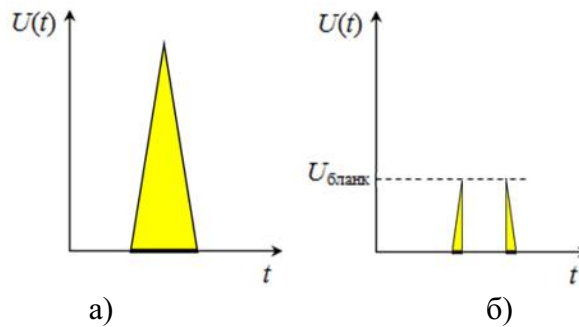


Рис. 5. Преобразование входной импульсной помехи в схеме бланкирования

Пример подавления сигнала в схеме бланкирования показан на рисунке 6

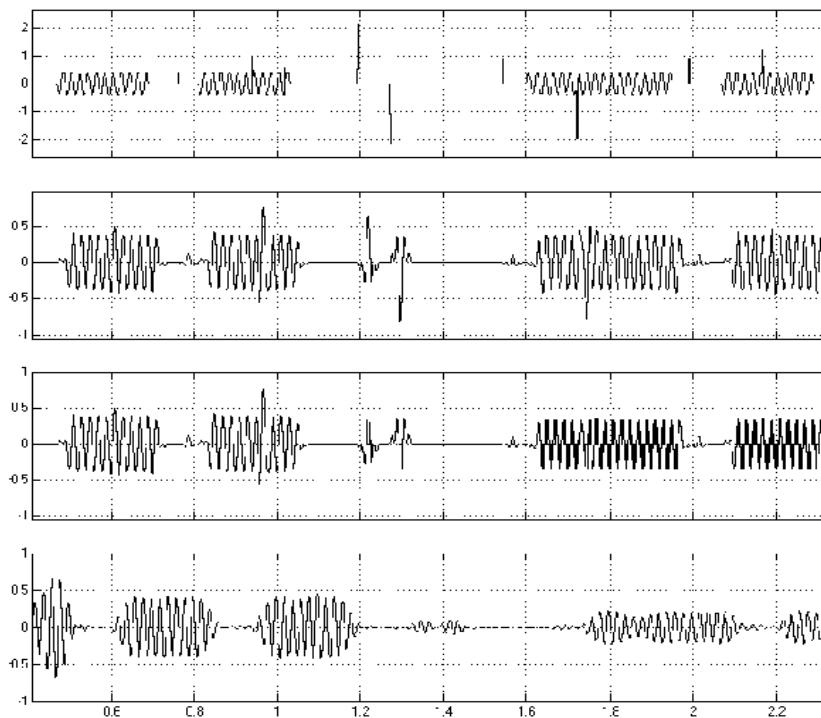


Рис. 6. Пример подавления сигнала в схеме бланкирования

На графиках рисунка 6 сверху вниз показаны:

- аддитивная смесь сигнала АЛСН амплитудой 0,4 В и импульсной помехи;
- сигнал на выходе ШПФ;
- сигнал на выходе блока бланкирования;
- сигнал на выходе узкополосного фильтра (всей схемы бланкирования).

На графиках видно, что блок бланкирования значительно снизил помехи, но уровень сигнала был также снижен.

На сегодняшний момент не существует такого устройства приёма сигнала, подавляющего комплексную аддитивную помеху на необходимом уровне.

Можно отметить частотно-временную дуальность между гармонической и импульсной помехами (спектральные характеристики гармонической помехи напоминают временные характеристики импульсной и наоборот). Это обстоятельство указывает на то, что меры борьбы с импульсной и гармонической помехами в приемном устройстве прямо противоположны.

Заключение. В связи с вышеизложенным можно сделать вывод, что для качественного функционирования устройств железнодорожной автоматики и телемеханики, в том числе АЛСН, необходима борьба с импульсными и гармоническими помехами. Для комплексной борьбы с подобными помехами необходима разработка устройства, объединяющего в себе схему Бланкования и схему ШОУ. Работа в этом направлении уже ведется. Дальнейшее исследование коллектива авторов может быть направлено на разработку и улучшение существующего прототипа комбинированного приемника АЛСН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Лысова В.П. Локомотивная аппаратура АЛСН: Методическая разработка, РпОУЦПК, 2019. – 22 с.
- 2 Леушин В.Б. Особенности каналов автоматической локомотивной сигнализации магистральных железных дорог : учеб. пособие. Самара. : СамГУПС, 2007. 115 с.
- 3 О корреляционной дешифрации кодовых комбинаций сигнала АЛСН / Р. Р. Юсупов, В. Б. Леушин, А. С. Хохрин, А. Д. Солодова // Наука и образование транспорту. 2020. № 1. С. 302-306.
- 4 Анализ функционирования корреляционного дешифратора сигналов АЛСН в номинальных условиях эксплуатации / Р. Р. Юсупов, В. Б. Леушин, А. С. Хохрин, А. Д. Солодова // Наука и образование транспорту. 2020. № 1. С. 306-310.
- 5 Юсупов Р.Р. Марковская модель импульсной помехи от постоянного тягового тока электроподвижного состава // Проблемы и перспективы развития железнодорожного транспорта. Матер. науч.-техн. конф., посв. 125-летию Свердловской железной дороги, В 4-х т. 2003. Т. 4. – С. 31-37.
- 6 Юсупов Р.Р., А.С. Хохрин, В.Б. Леушин. Комбинированный приемник сигналов автоматической локомотивной сигнализации // Наука и образование транспорту. 2021. № 1. С. 325-329.

СВЯЗЬ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН, ИЗУЧАЕМЫХ НА МЛАДШИХ КУРСАХ, СО СПЕЦИАЛЬНЫМИ ДИСЦИПЛИНАМИ НА ПРИМЕРЕ КУРСА «МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ И ПРОЦЕССОВ»

А. О. Кочетова¹, С. А. Сарычева², Е. М. Тарасов³

Введение. При изучении специальных дисциплин на старших курсах, необходимо иметь знания об электрических цепях, их элементах и режимах функционирования. Для этого нужно на практике изучать информацию. Пакет моделирования Micro-Cap позволяет моделировать различные электрические схемы, фильтры и рассматривать симуляцию работы схемы при помощи измерительных приборов.

Цель работы: изучение механизмов формирования и особенностей математического моделирования сигналов и процессов с помощью пакета моделирования Micro-Cap на примере электрических цепей пассивного и активного фильтров.

Задачи:

- составить эквивалентную электрическую схему пассивного полосового фильтра;
- реализовать схему в среде Micro-Cap из имеющихся библиотек набора элементов;

¹ Кочетова Алёна Олеговна – студент группы СОДП-93, факультет ЭТФ

² Сарычева Снежана Андреевна – студент группы СОДП-83, факультет ЭТФ

³ Тарасов Евгений Михайлович – д.т.н., профессор кафедры «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте»

- исследовать схемы пассивного и активного фильтров;
- визуализировать результаты исследований.

Основная часть. Пассивный полосовой фильтр – фильтр, который состоит из пассивных элементов (конденсатор, резистор, катушка индуктивности) и пропускает определённую полосу частот, подавляя все остальные составляющие, находящиеся за пределами полосы [1].

На рис. 1 представлена эквивалентная электрическая схема пассивного полосового фильтра.

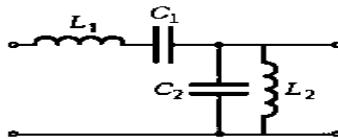


Рис. 1. Эквивалентная схема пассивного полосового фильтра

Особенность LC фильтров заключается в том, что катушка индуктивности и конденсатор работают взаимнообратно [2]. Индуктивное сопротивление зависит от частоты сигнала прямо пропорционально, согласно формуле $X_L = \omega \cdot L$. Таким образом если частота сигнала увеличивается, то сопротивление на катушке индуктивности также увеличивается. Однако емкостное сопротивление зависит от частоты сигнала обратно пропорционально по формуле $X_C = \frac{1}{\omega \cdot C}$, то есть если частота сигнала увеличится, то сопротивление на конденсаторе уменьшится [3].

Фильтр, который пропускает сигналы ниже выбранной частоты среза и подавляет сигналы выше частоты среза называется фильтром нижних частот (ФНЧ).

Фильтр, который пропускает сигналы выше выбранной частоты среза и подавляет сигналы ниже частоты среза называется фильтром верхних частот (ФВЧ) [4].

Необходимо реализовать схему в среде Micro-Cap. Для этого выберем элементы из имеющейся библиотеки [5]:

- задаем сопротивления. Для этого выбираем компоненты → пассивный компонент → резистор;
- задаем емкости. Для этого выбираем компоненты → пассивный компонент → конденсатор;
- задаем индуктивности. Для этого выбираем компоненты → пассивный компонент → индуктивность;
- задаем источник питания. Выбираем компоненты → источник сигналов → источник напряжения.

При заземлении цепи, получаем готовую схему для моделирования (рис. 2). И сохраняем.

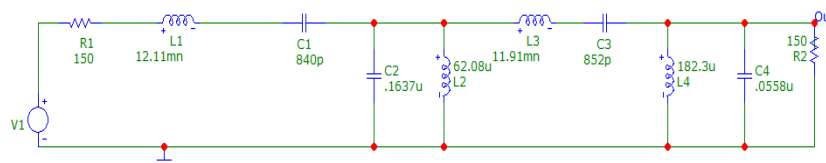


Рис. 2. Схема пассивного полосового фильтра для моделирования в среде Micro-Cap

Делаем временной анализ пассивного полосового фильтра на переменном токе (AC). Задаем диапазон частот от 10 кГц до 100 кГц. Количество точек – 1001. Далее нажимаем «Run» [6].

В результате получаем графики амплитудно-частотной характеристики и фазо-частотной характеристики пассивного полосового фильтра (рис. 3).

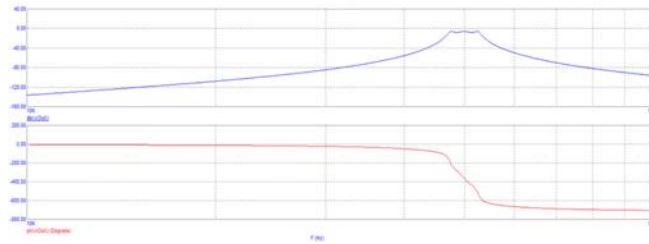


Рис. 3. АЧХ И ФЧХ полосового пассивного фильтра

Согласно АЧХ в схеме возникает три резонанса, второй резонанс является общим для всех. На ФЧХ графике видно, что меняется характер с ёмкостного (до резонанса) на индуктивный (после него).

Затем определяем полосу пропускания:

Ставим курсор на максимальную амплитуду резонанса и умножаем на 0,7, так как мощность сигнала затухает на 3 дБ.

Расчет полосы пропускания

$$8,128 \cdot 0,7 = 5,68 \text{ дБ.}$$

Активный полосовой фильтр – это фильтр, который состоит из активных компонентов, таких как операционный усилитель, и пропускает частоты в определенной полосе пропускания (рис. 4).

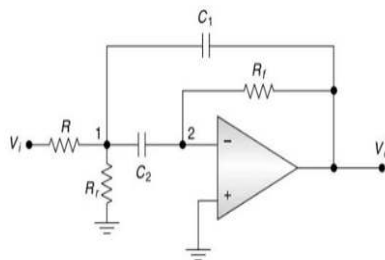


Рис. 4. Эквивалентная схема активного полосового фильтра

Необходимо реализовать схему в среде Micro-Cap. На слайде представлен выбор набора элементов из имеющейся библиотеки.

- задаем сопротивления. Для этого выбираем компоненты → пассивный компонент → резистор. Выставленные значения представлены на слайде;
- задаем емкости. Для этого выбираем компоненты → пассивный компонент → конденсатор. Выставленные значения представлены на слайде;
- задаем усилитель. Для этого выбираем компоненты → активный компонент → усилитель. Выставленные значения представлены на слайде;
- задаем аккумуляторную батарею. Выбираем компоненты → источник сигналов → аккумуляторная батарея.

При заземлении цепи получаем готовую схему для моделирования (рис. 5). И сохраняем.

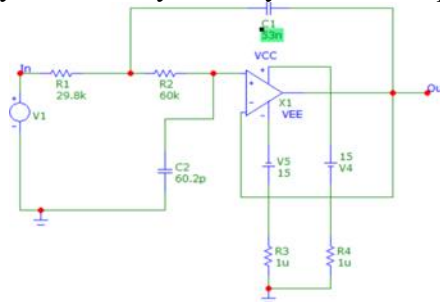


Рис. 5. Схема активного полосового фильтра для моделирования в среде Micro-Cap

Реализуем временной анализ пассивного полосового фильтра на переменном токе (AC). Задаем диапазон частот от 10 кГц до 100 кГц. Количество точек – 1001. Далее нажимаем «Run».

Настраиваем графики в режиме переменного тока АС. Задаем диапазон частот от 500 Гц до 5 кГц. Количество точек – 201. Далее нажимаем «Stepping» (пошаговое моделирование). Выбрали Step It так как он дает нам промежуточный вариант (больше линий на графике). Меняем сопротивление R2 от 30 до 100 кОм [7].

В результате получаем графики амплитудно-частотной характеристики и фазо-частотной характеристики активного полосового фильтра при изменении значения R2 (рис. 6).

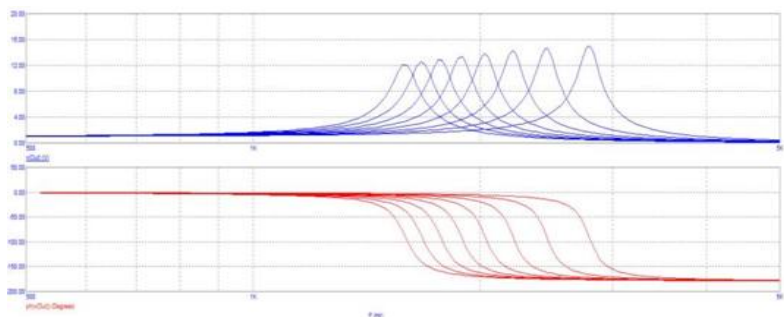


Рис. 6. АЧХ И ФЧХ активного пассивного фильтра при изменении R2

По графику АЧХ виден резонансный процесс и различие в ширине пропускания каждой линии в графике за счет уменьшения сопротивления R2, параметры которого указаны в Stepping. Ширина полосы пропускания уменьшается за счет уменьшения сопротивления R2, что можно наблюдать если взять разные линии на графике.

Заключение: при моделировании в программном пакете Micro-Cap происходит изучение функционала программы, освоение навыков построения и анализа схем электрических цепей. При выполнении работы можно заметить, что в решении проделанных задач переплетаются материалы нескольких дисциплин, а именно – теоретические основы электротехники, теория передачи сигналов и каналобразующие устройства систем автоматики и телемеханики. Изучение дисциплины «Математическое моделирование систем и процессов» на младших курсах помогает на практике научиться строить различные схемы, графики, что помогает в дальнейшем лучше изучать другие предметы, где требуются эти знания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Осадченко В.Х., Волкова Я.Ю., Кандрин Ю.А. Фильтры высоких и низких частот: учеб. пособие. Екатеринбург.: УрФУ, 2015. 80 с.
- 2 Тарасов Е.М., Горбунов А.Е., Якобчук А.И. Разработка компонентных математических моделей информативных признаков определения скорости // Вестник Самарского муниципального института управления, 2008. №6. С. 78-84.
- 3 Тарасов Е.М., Исайчева А.Г., Белоногов А.С. Разработка математической модели чувствительности классификатора состояний рельсовой линии // Наука и образование транспорта, 2018. №1. С. 221-223.
- 4 Гордеев И.П., Гаранин М.А., Тарасов Е.М. Моделирование процессов в силовой цепи электровозов ВЛ10 (ВЛ10У) при последовательном соединении тяговых двигателей // Электротехника, 2017. №3. С. 40-45.
- 5 Волик В.Г., Сазонов В.В., Иванов В.В. Схемотехническое проектирование электронных устройств средствами системы Micro-cap: учеб. пособие. Самара: СамГАПС, 2004. 69 с.
- 6 Голубева Н.В. Математическое моделирование систем и процессов: учеб. пособие. СПб.: Лань, 2016. 192 с.
- 7 Хахимзянов Г.С., Чубаров Л.Б., Воронина П.В. Математическое моделирование: учеб. пособие. Новосибирск: НГУ, 2014. 263 с.

ОБЗОР ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ И СПОСОБОВ КОНТРОЛЯ ЗАЗОРА В МЕСТЕ ПРИЛЕГАНИЯ ОСТРЯКА К РАМНОМУ РЕЛЬСУ

А. В. Крылов¹, О. И. Петлина², М. В. Башаркин³

Введение. На сегодняшний день контроль зазора между острым и рамным рельсом проводится вручную оперативно-ремонтным персоналом дистанций СЦБ и инфраструктуры. При этом одним из направлений развития компании ОАО «РЖД» является переход к безлюдным технологиям и автоматизация производственных процессов.

Цель работы. Провести анализ существующих способов контроля зазора в месте прилегания острого к рамному рельсу.

Задача. Задача работы состоит в определении основных достоинств и недостатков разработанных и применяемых на железнодорожном транспорте способов контроля плотности прилегания острого к рамному рельсу.

Основная часть. В хозяйстве автоматики и телемеханики компании ОАО «РЖД» по состоянию на 2019 содержится более 120 тысяч централизованных стрелок [1: 58]. От их безотказной работы зависит выполнение графика и безопасность движения поездов. Согласно правилам технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации [2], одним из параметров, который должна обеспечивать система электрической централизации, является контроль положения стрелок, реализуемый с помощью контрольной цепи схемы управления стрелкой. При этом в её функции не входит обеспечение контроля величины зазора между острым и рамным рельсом, нормальное значение которого составляет от 2 до 4 мм. Отставание острого от рамного рельса, подвижного сердечника крестовины от усовика на 4 мм и более, измеряемое у острого и сердечника тупой крестовины против первой тяги, у сердечника острой крестовины - в острие сердечника при запертом положении стрелки является одной из неисправностей, при которой не допускается эксплуатировать на железнодорожных путях общего и необщего пользования стрелочные переводы и глухие пересечения. При величине зазора менее, чем 2 мм, возникает вероятность отсутствия контроля стрелки в момент окончания её перевода в другое положение. Таким образом, необходимо проводить проверку на плотность прилегания острого к рамному рельсу.

Одной из возможных причин увеличения или уменьшения зазора между острым и рамным рельсом сверх нормативного являются погодные условия. На территории России встречаются различные климатические зоны. Большая площадь территории страны находится в умеренно-континентальном климате, при котором колебания температур составляют от -35 до +35 °С. В этой связи происходят процессы деформации рельсов: они могут как сжиматься, так и разжиматься, что приводит к увеличению, либо уменьшению зазора между острым и рамным рельсом.

Также проблемой оказывается ударное воздействие колеса на рельсы, что особо актуально в связи с развитием тяжеловесного движения на сети железных дорог РФ, проведением работ по увеличению осевой нагрузки с 25 до 27-30 тс и перспективой строительства высокоскоростных магистралей [3: 199].

Контроль плотности прилегания острого к рамному рельсу на сети железных дорог Российской Федерации и стран СНГ осуществляется оперативно-ремонтным персоналом дистанций сигнализации, централизации и блокировки при помощи щупа, к которому прикреплены шаблоны толщиной 2, 3 и 4 мм. Работа производится в свободное от движения поездов время [4]. Существенный недостаток этого технического процесса - высокая трудоемкость, что особенно заметно на станциях с 50 и более стрелочными переводами. При этом контроль за проведением и качеством выполняемой работы не проводится.

¹ Крылов Александр Владимирович – студент группы СОДП – 91, факультет ЭТФ

² Петлина Ольга Ивановна – студент группы СОДП – 91, факультет ЭТФ

³ Башаркин Максим Викторович – преподаватель кафедры «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте»

Для дополнительного контроля положения стрелочных переводов всех типов с одновременным контролем величины физического зазора между прижатым острым и рамным рельсом и передачи информации об отжиме остряка в системы диагностики устройств СЦБ разработана система «АБАКС», не нашедшая широкого применения на сети железных дорог РФ. Система состоит из двух датчиков, установленных в заранее подготовленные отверстия в рамном рельсе напротив острых и места крепления межостряковой тяги [5]. Измерение производится в одной точке, что позволяет контролировать только прижатие острых возле стрелочных гарнитур. При отставании остряка более чем на 4 мм срабатывает сигнализация [6: 16].

Модифицированной версией системы «АБАКС» стала «АБАКС-КС». Основным отличием «АБАКС-КС» является усовершенствованная схема, защищенная от внешних электромагнитных воздействий и ошибок персонала, а также возможность интеграции в системы технического диагностирования и мониторинга.

В дальнейшем «АБАКС-КС» дополнили блоком определения направления и двумя ключами, работающими следующим образом: входы ключей соединяются и подключаются к выходу логического элемента «исключающее ИЛИ», а также с общим для «плюсового» и «минусового» выводом блока определения направления. Выходы подключаются к выводам блока определения направления, первый к «плюсовому», второй к «минусовому». Посредством определения тока в контрольном проводе блока уточняется информация о направлении отклонения остряка, что позволяет получить кроме сведений о величине расстояния между острым и электромагнитным датчиком, дополнительную информацию о положении стрелочного перевода [7].

По причине больших трудозатрат при установке, обслуживании системы, усложнения системы контроля стрелки, «АБАКС-КС» до сих пор не введена в эксплуатацию повсеместно на сети железных дорог ОАО «РЖД». Кроме того, внедрение системы не исключают проверку плотности прилегания остряка к рамному рельсу оперативно-ремонтным персоналом с помощью щупа.

Учеными ПГУПС предложено решение дополнительного контроля зазора на основе ультразвуковых датчиков, излучающих высокочастотные импульсы [8: 152]. Звуковая волна при встрече с объектом отражается от него обратно в качестве эха. Основываясь на временном промежутке между образованием сигнала и получением эха, датчик принимает сигнал и рассчитывает расстояние до объекта. Достоинствами разработки являются обнаружение объектов, изготовленных из любых материалов, независимо от их цвета и толщины, а также работа ультразвуковых датчиков в условиях запыленного воздуха или тумана. Монтаж аппаратуры производится на стрелочном переводе.

Система АБАКС уступает ультразвуковым датчикам по следующим параметрам:

- аппаратура АБАКС способна определять только плотность прижатия остряка к рамному рельсу,
- величина зазора, контролируемая АБАКСом находится в пределах от 0 до 10 мм, в то время как зона контроля ультразвуковых датчиков достигает 82 мм.

Заключение. Однако, ультразвуковые датчики не способны контролировать понижение остряка относительно рамного рельса. Таким образом, необходима разработка новых технических решений, которые позволят автоматизировать процесс проверки плотности прилегания и положение остряка к рамному рельсу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Горелик А.В., Дорохов В.С., Орлов А.В., Смагин Ю.С. Статистическая оценка ресурса стрелочных электроприводов // Современные наукоемкие технологии – Изд. дома «Современные наукоемкие технологии», 2019, С. 58-63.
- 2 Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации, утв. приказом Минтранса РФ от 21 декабря 2010 г. № 286 (в ред. от 25 декабря 2018 г.).
- 3 Анализ состояния инфраструктуры при организации скоростного движения поездов / М. В. Башаркин, Л. Б. Смирнова, А. А. Ионов, В. Б. Тепляков // Наука и образование транспорту. – 2017. – № 1. – С. 199-201. – EDN YMHSRR.

- 4 Открытое акционерное общество «Российские железные дороги». Устройства СЦБ. Технология обслуживания. // Сборник карт технологических процессов. Часть 2., 2013.
- 5 Устройство для контроля прилегания острия к рамным рельсам стрелочного перевода: пат. 2151706 Рос. Федерация N 98103018/28; заявл. 18.02.98; опубл. 27.06.00.
- 6 Пусвацет Ю.Ю., Широков Н.Ю. Перспективы применения АБАКС в современных условиях // «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта», Уральское отделение, 2017, С. 16-17.
- 7 Устройство профилактического контроля прилегания острия к рамным рельсам стрелочного перевода: пат. 61674 Рос. Федерация, N 2006136707/22; заявл. 16.10.06; опубл. 10.03.07.
- 8 Иваникин М. С., Ефанов Д. В. Выбор ультразвукового датчика для контроля расстояний между подвижными элементами стрелочного перевода// Проблемы безопасности и надёжности микропроцессорных комплексов – Изд. Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, 2015, С. 150-157.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СИСТЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ ДЛЯ СТАНЦИИ ТЕАТРАЛЬНАЯ САМАРСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

К. И. Мукалиева¹, А. А. Могилина², М. В. Башаркин³

Введение. В 2024 году запланировано открытие новой станции Самарского метрополитена «Театральная», перед которой запланировано строительство перекрестного съезда для оборота поездов, следующих с интервалом движения 4 минуты.

Цель работы: оценить готовность систем микропроцессорной централизации (МПЦ) к внедрению на станции «Театральная» Самарского метрополитена.

Задачи работы:

- рассмотреть разработанные для метрополитенов системы МПЦ;
- провести сравнительную характеристику систем МПЦ.

Основная часть. Электрическая централизация стрелок и сигналов – это станционная система централизованного контроля и управления объектами железнодорожной автоматики и телемеханики с обеспечением установленных требований безопасности движения железнодорожных поездов и заданной пропускной способности [1]. Основными преимуществами системы ЭЦ являются: увеличение пропускной способности, повышение безопасности движения, уменьшение штата обслуживающего персонала, повышение культуры труда.

Наиболее широкое распространение в метрополитене получили системы электрической централизации релейного типа. На станциях с путевым развитием в основном применяется маршрутно-релейная централизация. Блочная маршрутно-релейная централизация (БМРЦ) эксплуатируется в качестве основной системы ЭЦ электродепо метрополитенов, что обосновывается большим количеством стрелок, включенных в централизацию, как правило, более 30, и значительным объемом маневровой работы. БМРЦ представляет собой маршрутно-релейную централизацию, в которой основная релейная аппаратура располагается в отдельных типовых блоках, монтируемых на заводе. Такие системы обладают определенными недостатками:

- высокие материальные и трудовые затраты на эксплуатацию, что связано с наличием значительного количества реле – более 100 на одну стрелку;
- вероятность возникновения опасного отказа вследствие неверного подключения проводов или жил кабеля при проведении монтажных работ на стативах.

Релейным системам, вследствие старения элементной базы становится сложнее соответствовать требованиям, предъявляемым к их работоспособности, а также повышаются затраты на техническое обслуживание.

¹ Мукалиева Камила Ирлановна – студент группы СОДП-01, факультет ЭТФ

² Могилина Анастасия Анатольевна – студент группы СОДП-02, факультет ЭТФ

³ Башаркин Максим Викторович – преподаватель кафедры «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте»

На железнодорожном транспорте РФ системы МПЦ стали внедрять с начала 2000-х годов, однако, первый опыт эксплуатации в метрополитене датируется 2015 годом. Это связано с тем, что к системам, разрабатываемым для метрополитенов, выдвигаются высокие требования, которые связаны с тем, что пассажирские перевозки происходят в замкнутом пространстве на скорости до 90 км/ч при межпоездных интервалах, достигающих 1,5 минуты, в связи с чем быстрдействие систем МПЦ метрополитенов должно быть значительное выше по сравнению с железнодорожным транспортом и приводит к удорожанию системы.

Темп жизни городов-миллионников постоянно увеличивается, наблюдается рост населения и, как следствие, потребности в перевозках. При этом возрастает нагрузка и на метрополитен. Наблюдается активное развитие метрополитена в Москве и регионах страны. В 2024 году планируется открытие станции «Театральная» Самарского метрополитена. В связи с этим возникает необходимость внедрения современных систем на развитой микроэлектронной и микропроцессорной базе, а также потребность модернизации действующих систем управления.

В августе 2017 года на станции «Тропарёво» Московского метрополитена начались эксплуатационные испытания системы микропроцессорной централизации МПЦ-ЭЛ. Эта система воспроизводит релейную логику имеющейся ЭЦ. В зону управления системы централизации входят 3 стрелки, 7 светофоров и 78 рельсовых цепей. Имеет трёхуровневую архитектуру. В МПЦ-ЭЛ используются микропроцессорные рельсовые цепи. Подключение всего напольного оборудования выполнено через коммутационный шкаф, это позволяет с помощью переключателя передать управление от микропроцессорной централизации к ЭЦ. Ввод этой системы позволил в перспективе вывести Московский метрополитен на новый технический уровень [2].

В 2010 году началась разработка отечественной специализированной системы БМЦ-М. Система имеет модульное построение и трёхуровневую иерархическую структуру: уровень оперативного управления, уровень централизации, исполнительный уровень. БМЦ-М полностью совместима с напольным оборудованием, применяемым в метрополитенах СНГ. Для электропитания системы можно использовать любую современную систему, обеспечивающую электроснабжение МПЦ от двух независимых источников. Внедрение этой системы в метрополитены способствует повышению пропускной способности линий до 40 пар поездов в час [3].

Еще одна система микропроцессорной централизации МПЦ-МЗ-Ф представляет собой централизованный комплекс устройств, предназначенный для дистанционного управления стрелками и светофорами станций, контроля технических средств, участвующих в процессе управления. В состав системы входят технические средства и программное обеспечение. Эта система реализуется в виде трёхуровневой иерархической структуры: информационного, логического и непосредственного управления [4].

Сравнительная характеристика представленных систем МПЦ приведена в таблице.

Таблица

Сравнительная характеристика систем МПЦ метрополитенов

Наименование системы МПЦ	Идентичность РЦП	Время реакции системы (не более), мс	Удаленное управление	Замена оборудования и переподготовка кадров	Система охлаждения	Уровень безопасности	Архитектура

МПЦ-ЭЛ	Полностью воспроизводит релейную логику имеющейся ЭЦ	500	Возможно удаленное управление из центра управления	Строится на основе	Процессор разработан для тяжелых условий эксплуатации, не требует систем вентиляции и охлаждения	Дополнена комплексом кибербезопасного мониторинга	Трехуровневая
БМЦ-М	Воспроизводит традиционную схему маршрутно-релейной централизации	100	Производителем не указывается	Не требуется, минимальные затраты при внедрении	Компьютеры МЦБ имеют пассивное охлаждение и пылезащищенное исполнение	Предусмотрены аппаратные и программные средства диагностики, меры по обеспечению кибербезопасности	Трехуровневая
МПЦ-МЗ-Ф	Система полностью совместима с устройствами ЖАТ	100	Удаленное управление смежными станциями	Ориентирован на релейную элементную базу, но требует обучения работников	Производителем не указывается	Предусмотрен дополнительный алгоритм логического контроля положения электроприводов	Трехуровневая

Для метрополитена также разработаны системы МПЦ-СМ, МЦП-И, МПЦ-Термотрон, однако, сведения об их технических характеристиках практически отсутствуют.

Микропроцессорные системы внедрены в метрополитенах стран Европы. Наиболее широкое распространение получила шведская комбинированная система МПЦ Ebilock-950, в которой микропроцессорные устройства обеспечивают выполнение и контроль взаимозависимостей стрелок и сигналов на станции, тестирование устройств и обеспечение безопасности движения поездов. Управление напольными устройствами реализовано на базе релейно-контактной аппаратуры. МПЦ Ebilock-950 состоит из центрального компьютера, имеющего два процессора А и Б. Один из процессоров работает в реальном времени, а другой находится в горячем резерве, что позволяет мгновенно заменить первый в случае неисправности. МПЦ Ebilock-950 выполняет все требования ПТЭ по обеспечению взаимозависимостей стрелок и сигналов и осуществляет обработку данных, не допуская выполнения опасных команд, поступающих от системы управления и отображения [5].

Рассмотрены разработанные для метрополитенов системы МПЦ и проведено их сравнение по основным техническим параметрам. Определено, что характеристики проанализированных систем полностью соответствуют условиям функционирования станции «Театральная» Самарского метрополитена, в связи с чем на следующем этапе работы необходимо провести оценку экономической эффективности жизненного цикла.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 ГОСТ Р 53431-2009. Автоматика и телемеханика железнодорожная. Термины и определения. - М.: Стандартинформ, 2010. - 19 с.
- 2 Клюзко В. А. Система микропроцессорной централизации МПЦ-ЭЛ на станции "Тропарёво" Московского метрополитена // Железные дороги мира. – 2017. – № 8. – С. 60-62.

- 3 Бородин А. А. Бесконтактная быстродействующая система управления движением для метрополитенов // Транспорт Российской Федерации. – 2019. – № 1(80). – С. 41-45.
- 4 Казиев Г. Д., Милехин Д. А., Смагин Ю. С. Микропроцессорная централизация стрелок и сигналов МПЦ-МЗ-Ф. // Автоматика, связь, информатика. – 2008. – № 2. – С. 12-15.
- 5 Фурсов С. И. МПЦ EBILock 950 - эволюция системы // Автоматика, связь, информатика. – 2011. – № 5. – С. 4-7.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КОМБИНИРОВАННОГО ПРИЕМНИКА СИГНАЛОВ АЛСН С БЛАНКИРОВАНИЕМ И СХЕМОЙ ШОУ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ИМПУЛЬСНЫХ ПОМЕХ

А. В. Сабанцев¹, А. С. Хохрин², Р. Р. Юсупов³

Введение. На участках с электротягой постоянного тока в канале автоматической локомотивной сигнализации непрерывного типа АЛСН действуют значительные по энергии и интенсивности импульсные помехи от тягового тока электроподвижного состава [1, 2]. Для подавления этого вида помех был разработан нелинейный комбинированный приемник сигналов АЛСН со схемой ШОУ и схемой бланкирования [3]. Особенностью схемы бланкирования является то, что при уровне порога бланкирования ниже уровня сигнала в ней происходит значительное подавление не только импульсов помехи, но и сигнала АЛСН, в некоторых случаях вплоть до прекращения приема сигнала АЛСН.

Работа данного приемника при воздействии на него импульсных помех различного уровня еще не исследовалась. Целью данной работы является оценка качества функционирования комбинированного приемника сигналов АЛСН при воздействии аддитивных импульсных помех от постоянного тягового тока электроподвижного состава.

В соответствии с поставленной целью в работе решались следующие задачи:

- создание имитационной модели установки для изучения работы комбинированного приемника сигналов АЛСН при воздействии аддитивных импульсных помех;
- путем эксперимента, на имитационной модели провести исследование функционирования и устойчивости к помехам комбинированного приемника сигналов АЛСН при воздействии аддитивных импульсных помех.

Основная часть. Для решения поставленных задач и достижения цели работы, применялся метод имитационного моделирования на ЭВМ.

Применяемая для исследования имитационная модель должна позволять корректно решить задачу, поставленную в данной работе. Структурная схема и состав установки для исследования представлены на рисунке 1.



Рис. 1. Структурная схема установки для исследования комбинированного приемника сигналов АЛСН

На структурной схеме рисунка 3.1 приняты следующие обозначения:

- ГТС – генератор тестового сигнала;
- ГИП – генератор импульсной помехи;
- КП АЛСН – комбинированный приемник сигналов АЛСН;
- УИИ – устройства измерения и индикации.

¹ Сабанцев Артем Владимирович – студент группы СОДП-92, Электротехнический факультет

² Хохрин Алексей Сергеевич – аспирант кафедры «Автоматика, телемеханика и связь на ж.д. тр.-те»

³ Юсупов Руслан Рифович – к.т.н., доцент кафедры «Автоматика, телемеханика и связь на ж.д. тр.-те»

Далее в среде имитационного моделирования Simulink математического пакета MATLAB [4] разработаны имитационные модели структурных компонентов установки для исследования.

В качестве тестового сигнала принято гармоническое колебание с частотой 50 Гц, модулированное последовательностью прямоугольных импульсов с периодом $T_c = 0,24$ с и скважностью 2. Длительность импульсов и интервалов сигнала равна длительности короткого интервала кодовой комбинации «3» АЛСН. Такая форма сигнала выбрана для уменьшения продолжительности проводимых экспериментов. Кроме того, такая модель сигнала позволит сравнить результаты эксперимента с результатами исследования помехоустойчивости линейного и нелинейного (со схемой ШОУ) приемников, выполненных ранее [1].

В качестве модели импульсной помехи в рамках исследования была использована имитационная модель импульсных помех от постоянного тягового тока в индуктивно-рельсовой линии связи [5].

На рисунке 2 представлен фрагмент импульсной помехи. Она определяется последовательностью фрагментов, содержащих один импульс и один межимпульсный интервал. Параметры, которые характеризуют i -ый фрагмент: амплитуда импульса $U_{им n}$, его длительность $T_{им n}$ и длительность интервала $T_{ин n}$, между данным импульсом и следующим за ним.

Фрагмент реализации импульсной помехи представлен на рисунке 2.

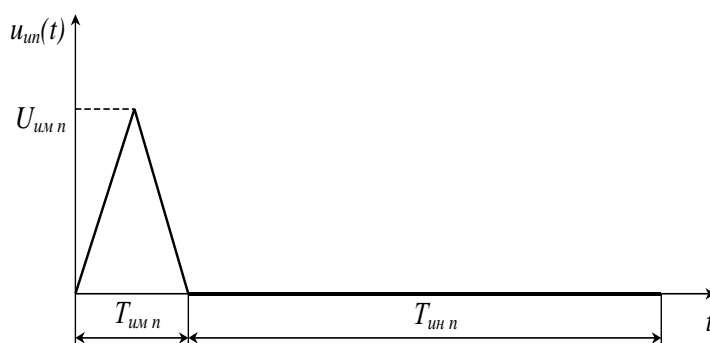


Рис. 2. Фрагмент импульсной помехи

Блок-схема разработанной имитационной модели установки для исследования показана на рисунке 3.

В качестве устройств измерения и индикации в модели установки используются два многоканальных осциллографа О1 и О2, а также блок фиксации ошибок БФО, который определяет количество ошибок двух видов («ложная тревога» и «пропуск цели»), возникших при приеме смеси тестового сигнала и аддитивной импульсной помехи.

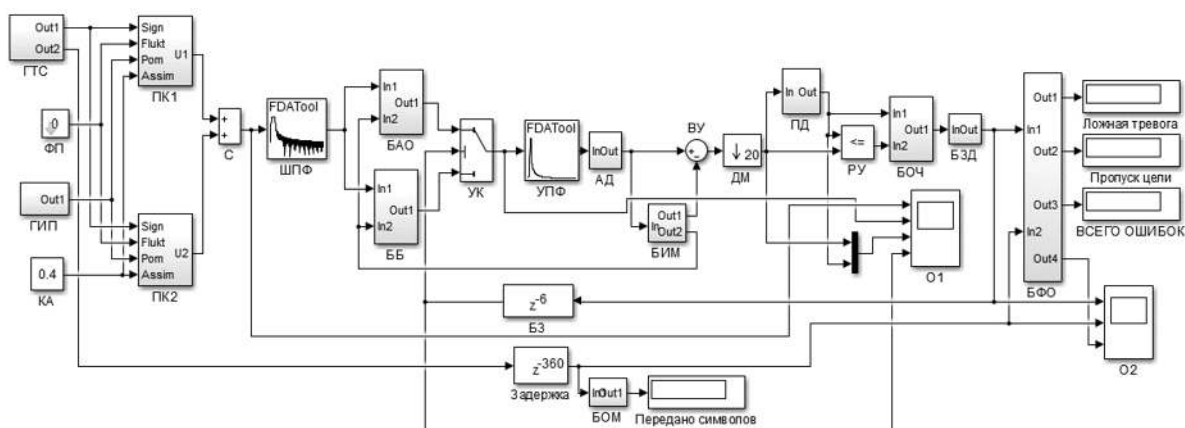


Рис. 3. Блок-схема имитационной модели установки для исследования

У имитационного моделирования есть две обязательные части: стратегическое и тактическое планирование экспериментов.

Планирование позволяет значительно упростить сбор новых данных, а также снизить временные и трудовые затраты.

Применяя стратегическое планирование, можно выбрать метод сбора первичной информации, в которой содержатся нужные сведения, которые в свою очередь позволяют сформулировать выводы о степени защиты комбинированного приемника от разного типа помех.

Тактическое планирование принимают для оценки эффективности испытаний, а также определения способов их проведения. В первую очередь тактическое планирование решает такие вопросы как:

- определение числа уровней из значений факторов;
- определение исходных условий и их изменяемость;
- определение числа повторных прогонов, а также длительности каждого из них.

В роли критериев устойчивости к помехам комбинированного приема сигналов АЛСН разумно применять вероятность пропуска цели $P_{\text{проп}}$, среднюю вероятность ошибки $P_{\text{ош}}$, а также вероятность ложной тревоги $P_{\text{л}}$, которые относятся к элементарному символу и определяются по формулам:

$$P_{\text{л}} = N_{\text{л}}/N_{\text{с}}; P_{\text{проп}} = N_{\text{проп}}/N_{\text{с}}; P_{\text{ош}} = N_{\text{ош}}/N_{\text{с}},$$

где $N_{\text{л}}$ – число ложных символов «1», зафиксированных комбинированным приемником;

$N_{\text{проп}}$ – число незафиксированных комбинированным приемником символов «1»;

$N_{\text{ош}}$ – число неправильно принятых элементарных символов;

$N_{\text{с}}$ – общее число переданных символов.

Значения выбранных критериев в общем случае определяются отношением сигнал/помеха на входе решающего устройства РУ приемника.

Моделирование состоит в обработке комбинированным приемником сигналов АЛСН аддитивной смеси тестового сигнала и импульсной помехи при различных отношениях сигнал-помеха на входе блока РУ приемника.

При подготовке имитационного эксперимента важно выбрать такое число повторных прогонов моделей, которое позволит обеспечить нужную точность и достоверность результатов моделирования. Оценки значений $P_{\text{л}}$, $P_{\text{проп}}$ и $P_{\text{ош}}$ есть средние значения по некому числу прогонов. С помощью методики, описанной в [1] был произведен выбор числа повторных прогонов. Для получения выборочных средних с необходимой точностью достаточно произвести шесть прогонов модели.

В экспериментах с импульсными помехами факторами являются амплитуда сигнала $U_{\text{с}}$ и коэффициент асимметрии приемного тракта $K_{\text{а}}$. Они определяют отношение сигнал/помеха на входе решающего устройства РУ.

В рамках эксперимента был выбран следующий ряд значений коэффициента асимметрии $K_{\text{а}}$: 5 %; 10 %; ... ; 50 %. Подбор таких значений связан с тем, что в реальных условиях асимметрия приемного тракта может достигать значения 50 %.

Результаты прогонов модели комбинированного приемника сигналов АЛСН ($\bar{P}_{\text{ком л}}$, $\bar{P}_{\text{ком проп}}$, $\bar{P}_{\text{ком ош}}$) представлены в таблице 1. Для сравнения, в таблице также показаны результаты для типового линейного приемника, применяемого в унифицированном комплексном локомотивном устройстве безопасности КЛУБ-У ($\bar{P}_{\text{сущ л}}$, $\bar{P}_{\text{сущ проп}}$ и $\bar{P}_{\text{сущ ош}}$), и для нелинейного приемника со схемой ШОУ ($\bar{P}_{\text{нел л}}$, $\bar{P}_{\text{нел проп}}$ и $\bar{P}_{\text{нел ош}}$), полученные в [1].

Из таблицы видно, что для комбинированного приемника при всех значениях $K_{\text{а}}$ вероятность «ложной тревоги» находится в границах допустимой погрешности эксперимента. Средняя вероятность ошибки в приеме символа тестового сигнала для комбинированного приемника оказалась в 6-13 раз ниже, чем для приемника со схемой ШОУ и до 30 раз выше, чем для линейного приемника. За время эксперимента случаев нарушения приема сигнала вследствие его подавления зафиксировано не было.

На рисунке 4 первый график демонстрирует напряжение (в вольтах) смеси сигнала и импульсной помехи на выходе сумматора С комбинированного приемника, второй сверху – сигнал на выходе управляемого коммутатора УК, третий сверху – сигнал огибающей и плавающего порога принятия решения на входах РУ, нижний – логический сигнал на выходе блока защиты от «дребезга» БЗД (выход приемника). Видно, что импульсы помехи большой амплитуды, попавшие на импульс тестового сигнала, подавлены путем амплитудного ограничения, при этом вследствие частичного подавления сигнала исказилась форма принимаемого импульса и укорочение его длительности. Импульсы помехи в интервалах тестового сигнала подавлены путем бланкирования и не вызвали заметного изменения уровня огибающей в интервале тестового сигнала. На выходе приемника ошибок не возникает.

Таблица

Результат прогонов модели комбинированного приемника сигналов АЛСН при воздействии аддитивной импульсной помехи

$K_a, \%$	$\bar{P}_{\text{ком л}}$	$\bar{P}_{\text{сущ л}}$	$\bar{P}_{\text{ком проп}}$	$\bar{P}_{\text{сущ проп}}$	$\bar{P}_{\text{ком ош}}$	$\bar{P}_{\text{сущ ош}}$
5	—	0,006	—	—	—	0,006
10	—	0,011	0,001	0,008	0,001	0,019
15	—	0,020	0,002	0,021	0,002	0,041
20	—	0,039	0,002	0,030	0,002	0,069
25	0,001	0,038	0,004	0,038	0,005	0,076
30	—	0,040	0,004	0,050	0,004	0,090
35	—	0,038	0,003	0,057	0,003	0,094
40	—	0,033	0,005	0,065	0,005	0,097
45	—	0,025	0,004	0,090	0,004	0,115
50	—	0,026	0,005	0,094	0,005	0,120

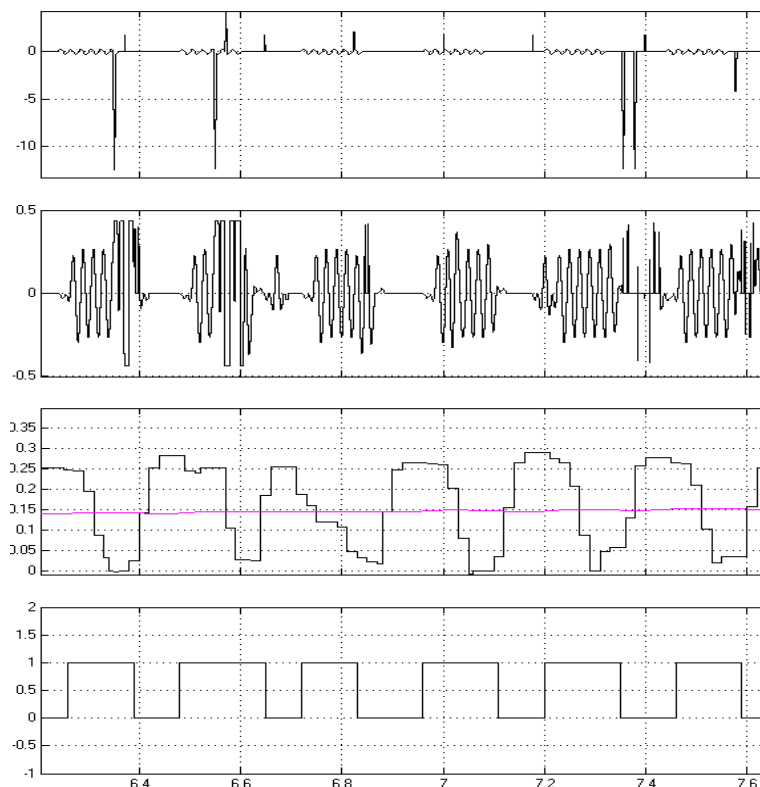


Рис. 4. Графики, поясняющие подавление импульсной помехи в импульсах и интервалах тестового сигнала

Заключение. Таким образом, комбинированный приемник сигналов АЛСН (со схемой ШОУ и схемой бланкирования) показывает существенный выигрыш в помехоустойчивости как перед линейным приемником, так и перед нелинейным со схемой ШОУ. Результаты данной работы могут быть использованы при разработке новых и совершенствовании существующих микропроцессорных приемных устройств канала АЛСН (КЛУБ-У, БЛОК, ДКСВ-М).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Юсупов Р.Р. Цифровое устройство обработки сигналов автоматической локомотивной сигнализации повышенной помехозащищенности : специальность 05.13.05 "Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления" : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Юсупов Руслан Рифович. Самара, 2003. 162 с.
- 2 Шаманов В.И. Помехи и помехоустойчивость автоматической локомотивной сигнализации : учеб. пособие. Иркутск : ИРГУПС, 2005. 236 с.
- 3 Юсупов Р.Р., Хохрин А.С., Леушин В.Б. Комбинированный приемник сигналов автоматической локомотивной сигнализации // Наука и образование транспорту. 2021. № 1. С. 325-329.
- 4 Гультаев, А. Визуальное моделирование в среде MATLAB: учебный курс. СПб. : Питер, 2000. 432 с.
- 5 Леушин В.Б., Юсупов Р.Р., Исайчева А.Г. Статистический анализ параметров марковской модели импульсных помех от постоянного тягового тока электроподвижного состава // Вестник транспорта Поволжья. 2014. № 5(47). С. 14-20.
- 6 Сороко В. И., Фоткина Ж. В. Аппаратура железнодорожной автоматики и телемеханики: Справочник: в 4 кн. Кн. 3. – 4-е изд. Москва : ООО «НПФ «ПЛАНЕТА», 2013. 1016 с.

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ТЕХНОЛОГИЯМ КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПЕРЕДАЧИ ПАКЕТНОЙ ИНФОРМАЦИИ

С. А. Сарычева¹, А. О. Кочетова² А. Е. Тарасова³

Введение. Задачей дисциплины «Теория телетрафика и технологии пакетной коммутации» является освоение компетенций в области проектирования, исследования компьютерных сетей различного масштаба, выбора протоколов, средств обеспечения связи. Наиболее удобным эмулятором для решения поставленной задачи является сетевой эмулятор Cisco Packet Tracer. Использование эмулятора сети Cisco Packet Tracer в качестве проектирования и наглядной визуализации дает возможность обучиться базовым принципам работы сетевых технологий, сформировать у обучаемых знания и понимание принципов проектирования корпоративных сетей, использующих различные протоколы, проводные и беспроводные технологии подключения клиентских устройств, а также сформировать умения по проектированию структуры корпоративных кампусных сетей, использующих при необходимости технологии SD-Access, VPN, QoS, IPv6 и программируемости сетей, с обеспечением требуемого уровня сетевой безопасности.

Цель работы: изучение принципов работы в сетевом эмуляторе Cisco Packet Tracer, необходимых для получения начального уровня навыков выполнения лабораторных работ по технологиям пакетной коммутации.

Задачи:

- рассмотреть возможности симулятора Cisco Packet Tracer в области технологий пакетной коммутации;
- сделать подробный разбор по интерфейсу программной платформы симулятора Packet Tracer для удобства в ориентировании при выполнении лабораторных работ;

¹ Сарычева Снежана Андреевна – студент группы СОДП-83, факультет ЭТФ

² Кочетова Алёна Олеговна – студент группы СОДП-93, факультет ЭТФ

³ Тарасова Анна Евгеньевна – преподаватель кафедры «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте»

- показать возможности использования симулятора Cisco Packet Tracer для разработки лабораторных работ по технологиям пакетной коммутации.

Основная часть. Cisco Packet Tracer – это программный пакет для построения сетей на различном технологическом оборудовании в произвольных топологиях при непосредственной поддержке разнообразных протоколов [1]. Такой инструмент позволяет имитировать работу некоторого набора сетевых устройств. Среди них: коммутаторы, сетевые принтеры, маршрутизаторы, точки беспроводного доступа, IP-телефоны, персональные компьютеры и т.д. Частично ощутить настройку реальной сети позволяет интерактивный симулятор [2]. По свойствам оборудования можно понять, какие настройки необходимо произвести: одни устройства функционируют благодаря включению традиционных команд операционной системы Cisco IOS, вторые оборудования запускаются при настройке графического интерфейса, третьи приборы настраиваются при помощи командной строки операционной системы или графического меню. Основная функция программного пакета – визуализация – во многом облегчает работу пользователя при отслеживании перемещения данных по сети. Также такое свойство эмулятора сети позволяет проводить изменения параметров IP-пакетов при прохождении данных через сетевые оборудования, скорости и пути перемещения IP-пакетов [3]. Открывается возможность проведения тщательного анализа событий, которые происходят внутри сети [4].

На лабораторных работах решаются типовые задачи по конфигурированию сетевой инфраструктуры, основными из которых являются:

- моделирование сетей пакетной коммутации;
- формирование подсетей IPv4, IPv6;
- формирование сетей;
- статическая маршрутизация в сетях пакетной коммутации;
- динамическая маршрутизация;
- конфигурирование протокола OSPF;
- конфигурирование коммутатора;
- виртуальные локальные сети;
- конфигурирование списков доступа.

Каждый студент, используя среду эмуляции Cisco Packet Tracer, может заниматься процессами создания, настройки, а также исследования собственной виртуальной вычислительной сети. Перед обучающимися открывается возможность наблюдения за базовыми процессами функционирования созданной вычислительной сети и наглядность в изучении основных сетевых протоколов.

В курсе дисциплины «Теория телетрафика и технологии пакетной коммутации», читаемой на 4-5 курсе на специализации «Телекоммуникационные системы и сети железнодорожного транспорта» в Самарском государственном университете путей сообщения, внедрен инновационный подход к освоению технологий пакетной коммутации. Перечисли основные идеи подхода.

Виртуальный учебный класс [5]. Взаимодействие преподавателя и группы организовано при помощи системы управления учебным процессом (рис. 1).

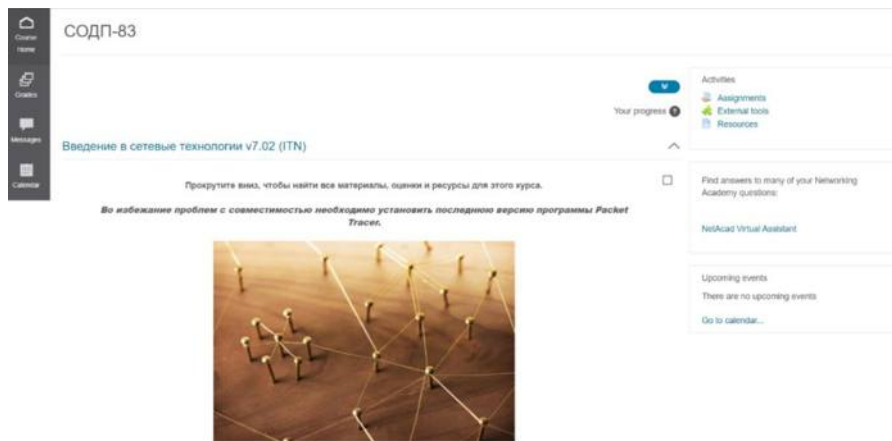


Рис. 1. Окно управления в системе

Обучающемуся предоставляется доступ в учебный класс сразу же после завершения регистрации в Cisco Network Academy. Затем студенту необходимо ознакомиться с материалами курса, для прохождения всей программы обучения предлагается индивидуальный график. По мере освоения обучающимся теоретических знаний для отслеживания собственной успеваемости, студента ждет сдача онлайн экзаменов. Это помогает преподавателю осуществлять полный контроль за прогрессом обучающегося, а также давать важные рекомендации при работе в виртуальном учебном классе. После завершения обучения на платформе Cisco Network Academy студент имеет право на получение статуса выпускника. Помимо этого, учащийся сохраняет доступ к материалам курса академии на протяжении года [6].

Виртуальная лаборатория. Создана с целью интерактивного представления технологического оборудования для тренировки профессиональных навыков студента. Описываемый подход позволяет во многом компенсировать недостаток сетевого оборудования во время проведения лабораторной работы, а также помогает наглядно ознакомиться со всевозможными комплектующими сетевых устройств и виртуально представить процесс физического конфигурирования и коммутирования сетей различного масштаба.

Симулятор Cisco Packet Tracer. Виртуальная среда для имитации любого состояния работы сети и симуляции разнообразных сетевых событий в произвольный отрезок времени, к тому же, в возможности изучения принципов работы сети, которое представлено на рис.2. Таким образом, Cisco Packet Tracer позволяет преподавателям грамотно организовать учебный процесс обучающихся в виртуальной среде.

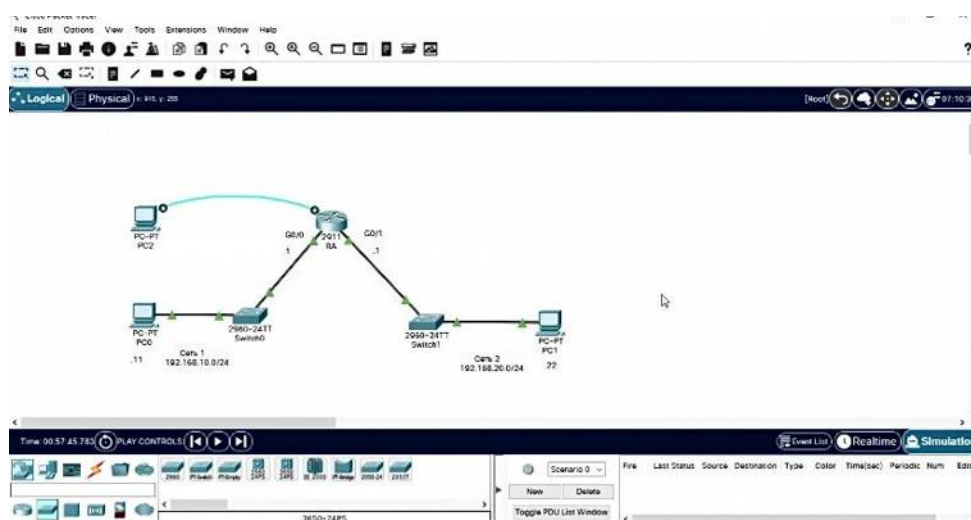


Рис. 2. Программный симулятор сетевых средств

На практике обучающиеся при выполнении лабораторных работ благодаря реализованной на оборудовании Cisco лаборатории технологий пакетной коммутации осваивают основные методы диагностики и учатся устранять возникающие недочеты в работе сетей различного масштаба. В дополнение к этому, благодаря реальному лабораторному оборудованию можно организовать связь между маршрутизаторами с использованием кабелей с медными жилами, волоконно-оптических кабелей с организацией потока E1 [7].



Рис. 3. Лабораторное оборудование

Для проверки теоретических знаний обучающихся на платформе имеется квалификационный экзамен, который представляет собой итоговое тестирование. Для закрепления практических навыков студентам представляется итоговое практическое задание. Как только обучающий завершает прохождение экзамена, перед ним открываются результаты тестирования. На их основе можно увидеть перечень вопросов, в которых студент допустил ошибки. Для просмотра полученной оценки необходимо обратиться к разделу «Оценки».

Контроль времени нахождения студента в виртуальной академии можно найти в разделе меню «Пользователи». Здесь также открывается доступ к информации о составе зарегистрированных пользователей, который включает себя преподавателей и студентов, обучающихся конфигурированию и проектированию топологических связей модели сети. Получение «свежего» материала по технологиям пакетной коммутации возможно при переходе по ссылке «Страницы» в раздел «В начало». Чтобы открыть электронную версию теоретических учебных ресурсов необходимо обратиться в раздел «Файлы». Здесь студент имеет возможность не только читать литературу, но и переносить её на собственные информационные носители. Список учебных курсов, предоставляемые авторизованным пользователям сетевой академии, доступен в разделе «Модули».

Настраивать рабочую среду для эффективного и качественного освоения студентами учебного материала преподавателю позволяет страница «Настройки». На ней можно добавить необходимые сведения, исправить материал о курсе, настроить навигацию, добавить важные для работы приложения и др.

Наличие виртуальной рабочей среды для выполнения студентами лабораторных и практических работ позволяет обучающимся получать современные знания в информационной сфере деятельности. Благодаря имеющимся лабораторным оборудованьям в Самарском государственном университете путей сообщения студенты способны проводить настройку маршрутизаторов и коммутаторов, взаимодействовать между некоторым количеством виртуальных локальных сетей и др.

Успешное завершение обучения в сетевой академии переводит студента в разряд сертифицированного специалиста, отлично разбирающегося в сфере сетевых технологий. Такой специалист всегда востребован. Таким образом, к главным достоинствам обучения в академии относятся: обучение в дистанционном формате с интерактивной составляющей, большое количество теоретического материала, получение современных и перспективных знаний в плане конфигурирования сетей, непосредственное взаимодействие преподавателя с учени-

ком на учебных занятиях, получение сертификата по завершению курса, а также неограниченные возможности трудоустройства.

Заключение: в рамках учебных занятий по дисциплине «Теория телетрафика и технологии пакетной коммутации» с внедренной Программой сетевой академии у студентов формируется ряд способностей практического характера, составляющие в итоге профессиональные компетенции, а именно способность конфигурировать сети в симуляторе Cisco Packet Tracer и в лаборатории на реальном оборудовании, устанавливать периферийные и мультимедийные устройств, создавать оперативно-технологические и магистральные сети, администрировать бесперебойность каналов связи (оптических, медных, радиорелейных), настраивать оборудование на обеспечение безопасности сетей и подсетей.

Такой инновационный и эффективный способ изучения основ сетевых технологий формирует у обучающихся профессиональные компетенции, которые позволят им при трудоустройстве выполнять поставленные задачи ровно в срок и качественной отдачей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 [Электронный ресурс] // Дипломная работа «Разработка комплекса лабораторных работ по технологиям компьютерных сетей с помощью симулятора Cisco Packet Tracer», 2012. – 87 с.
- 2 Васин, Н.Н. Основы построения сетей пакетной коммутации: Учебное пособие [Электронный ресурс] / Н.Н. Васин. – М.: ИНТУИТ. – URL: <http://intuit.valrkl.ru/course-882/index.html#ID.5.section.3>.
- 3 Васин, Н.Н. Технологии пакетной коммутации: Учебник [Текст] / Н.Н. Васин. – СПб.: Лань, 2019.– 284 с.
- 4 Cisco Networking Academy [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.netacad.com/>.
- 5 Васин, Н. Н. Перспективы развития технологий передачи данных на сети железных дорог России / Н. Н. Васин, А. Е. Тарасова // V Научный форум телекоммуникации: теория и технологии ТТТ-2021 : Материалы XXIII Международной научно-технической конференции, Самара, 23–26 ноября 2021 года. – Самара: Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2021. – С. 199-200. – EDN QDYGLS.
- 6 Исайчева, А. Г. Техническое диагностирование станционных информационных систем / А. Г. Исайчева, А. Е. Тарасова // Перспективные информационные технологии : труды Международной научно-технической конференции, Самара, 26–28 апреля 2016 года. – Самара: Самарский научный центр РАН, 2016. – С. 641-644. – EDN WDTQEP.
- 7 Васин, Н.Н. Системы и сети пакетной коммутации. Часть 1. Основы построения сетей пакетной коммутации: Учебное пособие [Текст] / Н.Н. Васин. – Самара: ПГУТИ, ИУНЛ, 2015.– 238 с.

ПРЕИМУЩЕСТВА ВНЕДРЕНИЯ УСТРОЙСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ДРОССЕЛЬ ТРАНСФОРМАТОРА

А. А. Суторма¹, Н. А. Исайчева², П. А. Данилина³

Введение. С увеличением массы попускаемых поездов, в корпорации ОАО «РЖД» все острее ставится вопрос модернизации инфраструктуры [1]. В настоящее время уже никого не удивляет масса поезда в 7000 тонн. При пропуске поездов с повышенной массой высокая нагрузка ложится на тяговую сеть, так как локомотиву требуется больше энергии для перевозки таких грузов.

Основная часть. На Куйбышевской железной дороге основную часть локомотивного парка занимают современные магистральные грузовые электровозы постоянного тока напряжения 3 киловольта 2ЭС6 «Синара», которые используют асинхронные тяговые электродвигатели. При этом, для начала движения с составом массой в 7000 тонн на пологом участке электровозу требуется сила тягового тока около 3000 ампер, что значительно нагружает все элементы, входящие в тяговую сеть. Если подвижной состав едет «в горку», то значения токов значительно возрастают.

Одним из таких элементов является дроссель-трансформатор, обслуживание которого производится хозяйством автоматики и телемеханики. Изначально, при проектировании тяговой сети и аппаратуры автоматики и телемеханики, причины появления

асимметрии тягового тока не учитывали и, следовательно, последствия её влияния на устойчивую работу устройств и пропуск подвижного состава. Однако, при росте массы грузовых поездов эта проблема стала все чаще становится причиной отказов аппаратуры автоматики и телемеханики и вызывать простои поездов.

Асимметрия обратного тягового тока, возникает при неравенстве токов в рельсовых нитях. Силовые (первичные) обмотки дроссель-трансформатора состоят из двух полуобмоток, соединенных средним выводом, который в свою очередь соединяется со средним выводом соседнего дроссель трансформатора или отсасывающем фидером тяговой подстанции [2]. На рис. 2 представлена модель бронепровода и обмоток дроссель-трансформатора, выполненные авторами в программе компас 3D, для дальнейшего исследований параметров устройства.

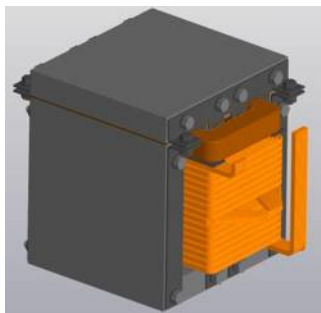


Рис. 1. Конструкция бронепровода и обмоток дроссель-трансформатора ДТ-0.6-1000

При неравенстве обратного тягового тока I_{T1} и I_{T2} в полуобмотках возникает подмагничивание сердечника, и снижение напряжения на вторичной обмотке, напряжение с которой идет в аппаратуру рельсовой цепи [3]. При этом возникает падение наводимого во вторичной обмотке потенциала, а следовательно, и падение потенциала на обмотке путевого реле. За этим последует размыкание контактов путевого реле и перекрытия проходного светофора без присутствия поезда на контролируемом блок-участке. Это называется ложной занятостью и является отказом высокой критичности, так как приостанавливает пропуск поездов на всем участке.

Вызвана такая проблема, может быть, некоторыми факторами:

- пережег приварного соединителя;
- обрыв дублирующей перемычки;
- частичный обрыв дроссельной перемычки.

Все эти факторы влияют на относительно сопротивление двух рельсовых нитей. Так же следует отметить, что асимметрия может присутствовать даже при исправном состоянии всех элементов тяговой сети на поворотах рельсового полотна, так как один внешний рельс немного длиннее внутреннего, а следовательно их относительное сопротивление будет различаться. В дистанциях СЦБ применяют нормативные значения асимметрии обратного тягового тока в зависимости от типа используемой электротяги [4].

В настоящее время на Куйбышевской железной дороге за предотказным состоянием аппаратуры СЦБ следит отдел технической диагностики и мониторинга. Производится контроль всех доступных для этого параметров.

Для реализации идеи умного дроссель трансформатора нами предлагается внедрение в комплекс средств технической диагностики и мониторинга устройство для контроля асимметрии обратного тягового тока, которое разрабатывается на кафедре «Автоматики, телемеханики и связи на железнодорожном транспорте», СамГУПС [5]. С помощью устройства ИК-СТДМ, возможно будет в режиме реального времени выявлять превышение нормалей асимметрии или приближение к верхней границе нормалей при помощи ПО КЗ «Мониторинг».

¹Суторма Александр Антонович – студент группы СОДП-72, факультет ЭТФ

²Исайчева Надежда Алексеевна – студент группы СОДП-11, факультет ЭТФ

³Данилина Полина Алексеевна – студент группы СОДП-11, факультет ЭТФ

ИК-СТДМ работает с использованием эффекта Холла – индуктивных датчиков, которые в зависимости от протекающего тока на своем выходе выдают линейно зависимое напряжение. В ответвления добавлены резисторы и предохранители, для обеспечения протекания через датчики тока не более 1 А (рис. 3). Устройство имеет гальваническую развязку с элементами тяговой сети, и располагается в путевом ящике. А следовательно, не несет опасности протекания тягового тока на аппаратуру рельсовой цепи.

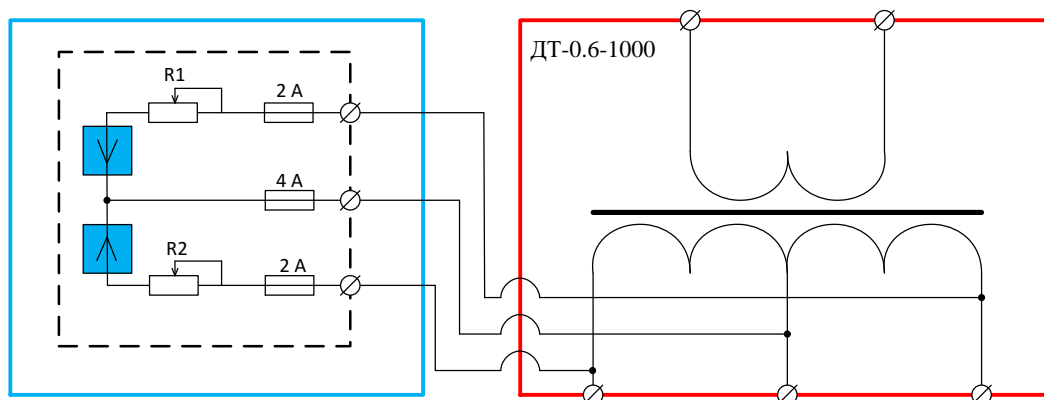


Рис. 3. Структурная схема подключения ИК-СТДМ

В 2022 г. на всех ведущих предприятиях, ОАО «РЖД» так же входит в их число, полным ходом идет цифровая трансформация корпорации. Одной из основных направлений является применение цифровых технологий и объединение баз данных в единый реестр. Из доклада заместителя начальника департамента информатизации Суконникова Г.В. видно, что к 2020-ому году на предприятиях ОАО «РЖД» в два раза возрос электронный документооборот (таблица) [6].

Таблица

Данные роста электронного документооборота

Грузовые перевозки		
Электронный документооборот	2016 год	1300
	2020 год	2500
Пассажирские перевозки		
Продажа электронных пассажирских билетов	2016 год	40 %
	2020 год	90 %

Заключение. В настоящее время уже применяются системы управления поездами «Ласточка» на МЦК без помощника машиниста и система мобильной диагностики подвижного состава. Применяется контроль перевозимых грузов и дислокации вагонов и новые технологии управления содержанием инфраструктуры. Рост электронного документа оборота позволяет создать начало передачи данных с контроллеров АПК-ДК по защищенным беспроводным каналам связи, для обеспечения быстрого обмена данными и своевременным обнаружением предотказных состояний с помощью имеющихся средств технической диагностики и мониторинга.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Семенкин А.Л. Основные задачи в области организации пропуска тяжеловесных поездов // Актуальные исследования - 2018. Сборник статей по материалам Международных научно-практических конференций. Под общей редакцией А.И. Вострецова. 2018 С. 240-247.
- 2 Аппаратура железнодорожной автоматики и телемеханики. Справочник. Кн. 2. Сороко В.И., Фотькина Ж.В. 2013.
- 3 Поплаухин Э.Н., Ожиганов Н.В. Пособие по ознакомлению с основными принципами работы и системами электроснабжения устройств СЦБ: [Электронный ресурс] URL: <http://scbist.com/6296-post1.html> (дата обращения: 04.04.2022).
- 4 Карта технологического процесса №КТП ЦШ 0156-1015, Центральная дирекция инфраструктуры – филиал ОАО «РЖД». Управление автоматики и телемеханики.

- 5 Исайчева А. Г., Волик В. Г., Башаркин М. В., Митрофанов А. Н. Способ контроля асимметрии тяговых токов в рельсовой линии // Вестник транспорта Поволжья, 2020. №5 (83). С. 29-34.
- 6 Сукольников Г.В. Применение технологии «Интернет вещей» в «ОАО РЖД» // Доклад заместителя начальника департамента информатизации. URL: <http://www.rzd-expo.ru/innovation/novosti/1.pdf> (дата обращения: 04.04.2022).

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ВЫЯВЛЕНИЯ УРОВНЯ ПОМЕХ ПОЕЗДНОЙ РАДИОСВЯЗИ

В. С. Шишкин¹, М. И. Янов², Л. Б. Смирнова³

Введение. Одной из задач ОАО «РЖД» является обеспечение качественной и бесперебойной связи на всем протяжении пути [1].

Поездная радиосвязь работает в комплексе технических средств со стационарной радиостанцией, осуществляющие работу двусторонней, радиотелефонной и радиопроводной диспетчерской связи.

Современная аналоговая и цифровая радиосвязь в основном симплексная. По сколько это наиболее рациональный способ использования выделяемого частотного диапазона и эксплуатируемого оборудования.

Радиостанции размещаются в служебных помещениях и подвижных составах. Вместе с аппаратурой распорядительной станции обеспечивают связь в метровом и гектометровом диапазонах волн между поездным диспетчером и машинистами, руководителями ремонтных бригад, дежурным железнодорожной станции. Установление соединения и ведение переговоров по линейному тракту связи производится с распорядительной станцией, с пульта управления дежурного железнодорожной станции [2, 3].

Цель: лабораторные испытания устройства автоматического выявления превышающего уровня помех в поездной радиосвязи.

Задачи:

- анализ нормативных документов регламентирующих допустимый уровень помех от локомотивов, моторвагонного и специального подвижного состава постоянного тока или переменного тока;
- анализ существующих методов выявления уровня помех поездной радиосвязи;
- апробация устройства в лабораторных условиях.

В нормативной документации уровень помех, создаваемым железнодорожным подвижным составом определяется на стоянке, и во время движения, нормативные значения которых не должны превышать 46 дБ и 60 дБ соответственно [4].

При этом исследования показывают, что помехи:

- от тягового электродвигателя электровозов коллекторного типа проявляются на частоте от 9 до 500 кГц в размере от 73 до 79 дБ [5];
- со стороны подключения токоприемника на частоте от 41 кГц до 184 кГц, при плохих погодных условиях могут достигать 65 дБ [6];
- от короткого замыкания носят случайный характер и зависят от большого количества природных и техногенных факторов [6].

В настоящее время на сети дорог, имеющиеся средства обнаружения помех не всегда показывают достаточную эффективность, потому что при определении шумового фона используют переносные анализаторы спектра или ручные индикаторы напряженности электромагнитного поля. Из этого следует, что эксплуатационный персонал затрачивает значительное количество рабочего времени на измерения напряженности и спектра сигнала, по-

¹ Шишкин Вячеслав Сергеевич – студент группы СОДП-83, факультет ЭТФ

² Янов Михаил Иванович – студент группы СОДП-82, факультет ЭТФ

³ Смирнова Лариса Борисовна – старший преподаватель кафедры «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте»

этому разработка автоматической системы для определения превышающего уровня помех в поездной радиосвязи является востребованной.

На начальном этапе разработано лабораторное устройство, которое определяет наличие помех в радиосвязи и состоит из датчика, способного улавливать электромагнитные помехи, предусилителя, приборной шкалы и аккумулятора. Устройство имеет возможность подключения осциллографа для дальнейшей обработки полученных данных.

Устройство апробировано вблизи железнодорожной станции, прибор зафиксировал шум 10 дБ, что соответствует спокойной электромагнитной обстановке на объекте железнодорожной инфраструктуры (рис. 2).



Рис. 1. Лабораторная установка для выявления превышающего уровня помех



Рис. 2. Испытания лабораторной установки вблизи железнодорожной станции

Нами предлагается автоматизированная система для анализа и выявления превышающего уровня помех, структурная схема которой представлена на рис. 3:

- спектроанализатор - прибор для измерения относительного распределения электрических (электромагнитных) колебаний в полосе частот;
- блок анализатор - персональный компьютер, с определенным программным обеспечением для анализа, на который поступает информация с локомотива и спектроанализатора;
- станционная радиостанция.

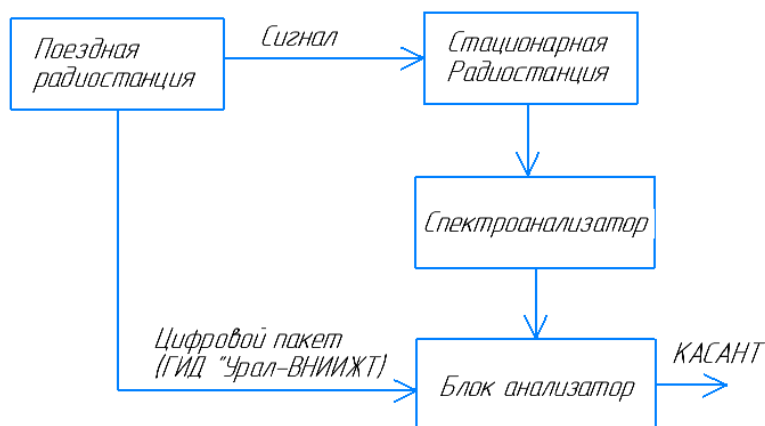


Рис. 3. Структурная схема автоматического анализатора превышения уровня допустимых помех

Принцип работы заключается в том, что с поездной радиостанции локомотива сигнал поступает на стационарную радиостанцию и обрабатывается на спектроанализаторе, в это же время «блок анализатор» принимает сигнал с локомотива о его местоположение по средствам ГИД «Урал-ВНИИЖТ». Полученная информация обрабатывается в блоке анализаторе и если уровень помех не превышен, локомотив получает «зеленую» отметку до следующего выхода на связь, если же уровень помех превышен и блок анализатор это обнаружил – он помечает локомотив «красной» меткой, при этом формируя заявку в комплексе автоматизированных систем учета «КАСАНТ», для проверки, ремонта или замены аппаратуры.

Выводы. Разработка и последующая реализация системы автоматического определения превышающего уровня помех, поможет улучшить качество радиосвязи между диспетчерами, путевыми работниками и подвижными составами, позволит автоматически выявлять локомотивы с повышенным уровнем помех в поездной радиосвязи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 О стратегии развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года: Распоряжение Правительства РФ от 17.06.2008 N 877-р; Распоряжение Правительства РФ от 17 июня 2008 г. № 877-р.
- 2 Сафонов В.Г. Поездная радиосвязь и регламент переговоров: учебное пособие / В.Г. Сафонов. – Москва, 2016. С. 155.
- 3 Шахтарин Б.И. Обнаружение сигналов: учебное пособие / Б.И. Шахтарин - 3-е изд. испр.-Москва: Горячая линия -Телеком, 2018. 464 с.
- 4 Совместимость технических средств электромагнитная. Системы и оборудование железнодорожного транспорта. Часть 3-1. Железнодорожный подвижной состав. Требования и методы испытаний. ГОСТ 33436.3-1-2015 (IEC 62236-3-1:2008). Межгосударственный стандарт. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200140234> (дата обращения: 02.04.2022).
- 5 Волков А.Н. Устройство и ремонт электровоза 2ЭС6 «Синара»: учеб. пособие. – М.: ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2020. 680 с.
- 6 Горевой И.М. Электромагнитная совместимость системы тягового электроснабжения с поездной радиосвязью, автореф.канд.дисс. Москва, МИИТ, 2011. 11 с.

РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОГО КОМПЛЕКСА ПО ИССЛЕДОВАНИЮ НАМАГНИЧЕННОСТИ РЕЛЬСОВ

М. И. Янов¹, В. С. Шишкин², Л. Б. Смирнова³

Введение Мировые тенденции развития современного общества диктуют условия интеграции оффлайн и онлайн при освоении компетенций в подготовке или переподготовке специалистов. Качество обучающего процесса зависит теперь не только от общеизвестных показателей, предъявляемые к вузу или иному учебному заведению, но и насколько гибко и мобильно он организован, а именно возможно ли осуществить тот или иной курс как в аудитории, так и в удаленном режиме. В статье представлены этапы разработки лабораторного комплекса по дисциплине «Электромагнитная совместимость и средства защиты» в рамках подготовки студентов по специальности «Системы обеспечения движения поездов», который обеспечивает освоение компетенций как в лабораториях вуза, так и самостоятельно при дистанционном обучении.

Цель: применение сквозных технологий в рабочей программе дисциплины в блоке лабораторных работ.

Основная часть Исследования намагниченности рельсов необходимы при изучении факторов, влияющих на устойчивую работу рельсовых цепей (РЦ). Смежные РЦ отделены изолирующими стыками (ИС), которые обеспечивают безопасность движения при нормативном значении магнитной индукции рельсов не более 1,0 мТл. При этом ИС являются одним из наиболее трудоемких элементов при обслуживании РЦ, а при изучении статистических данных выявлено, что 30 % отказов РЦ приходится на его неисправное состояние [1, 2]. Соотношение количества отказов изолирующих стыков рельсовых цепей в 2017–2021 гг. и времени задержки поездов по причине их неисправности приведено на рисунках 1, 2.

¹ Янов Михаил Иванович – студент группы СОДП-82, факультет ЭТФ

² Шишкин Вячеслав Сергеевич – студент группы СОДП-83, факультет ЭТФ

³ Смирнова Лариса Борисовна Борисовна – старший преподаватель кафедры «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте»

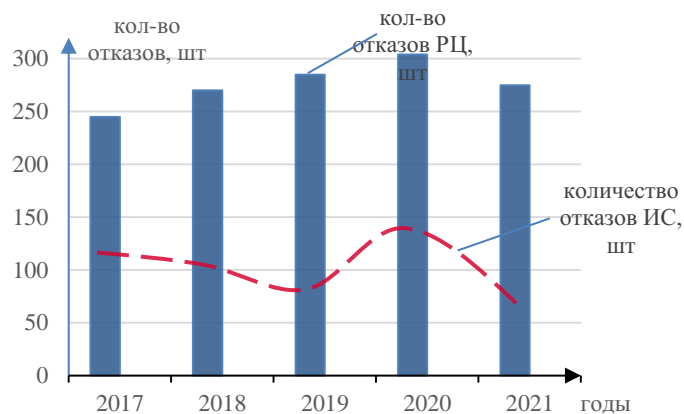


Рис. 1. Динамика отказов рельсовых цепей и изолирующих стыков

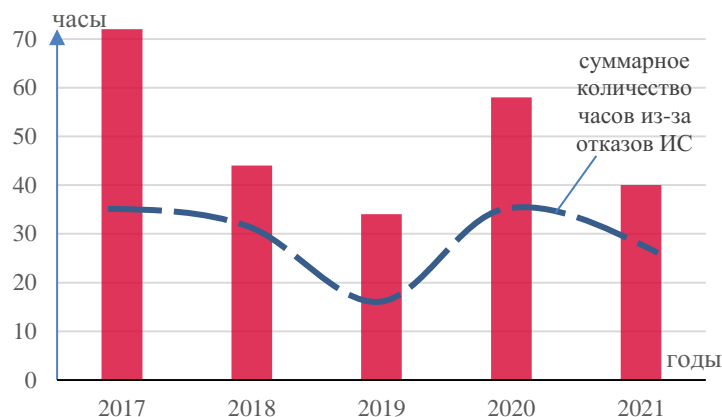


Рис. 2. Времени задержки поездов из-за отказов рельсовых цепей

При разработке лабораторного комплекса на первом этапе по представленной функциональной схеме (рис. 3) собран макет лабораторной установки [3, 4], который имитирует намагниченность и сверхнамагниченность рельсов. Измерения напряженности магнитного поля производится прибором АТТ-8701.

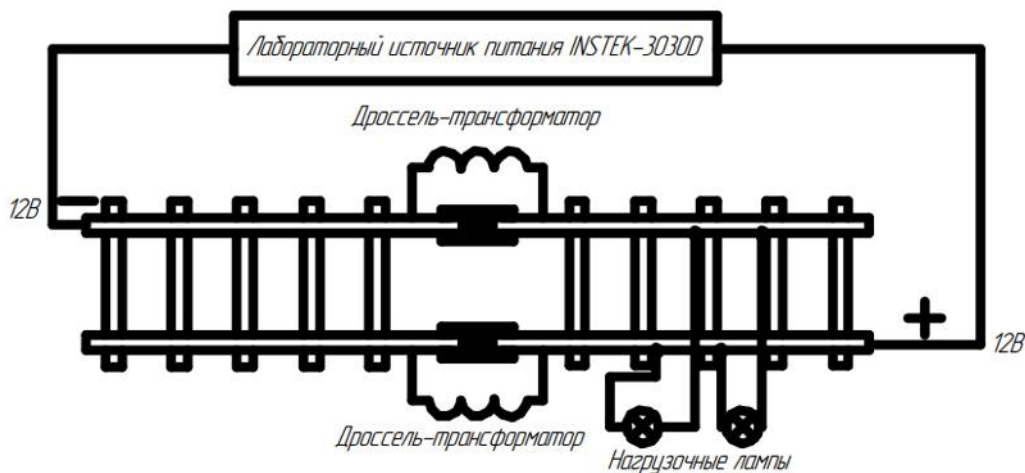


Рис. 3. Функциональная схема лабораторной установки

Визуализацию лабораторного макета реализовали при помощи программы 3D Компас. На следующем этапе разработали платформу для виртуального выполнения лабораторной работы с записью видео, поясняющим принцип работы и имитацией измерения напряженности магнитного поля. Завершающим этапом является разработка экзаменационного теста.

На надежность работы ИС и срок службы влияют совершенство конструкции, качество изготовления, текущее содержание и условия эксплуатации. Главным из этих факторов – конструкция, определяющая количество деталей стыка, надежность каждой из них,

технологичность изготовления и качество монтажа. От конструкции зависят затраты на монтаж и содержание, поэтому предлагается дополнить лабораторный комплекс созданием 3D моделей ИС различных конструкции, что обеспечит междисциплинарную связь при изучении дисциплин «Инженерная графика» и «Электромагнитная совместимость и средства защиты», а также применение лабораторного комплекса для специализации «Путь и путевое хозяйство», что актуально для специалистов, работающих на предприятиях объединяющих путейское хозяйство и хозяйство автоматики и телемеханики.

Выводы. Разработанный лабораторный комплекс по изучению намагниченности рельсов, включающий методические указания, визуализацию и детализация процесса измерений и их видеодемонстрация позволят студентам подробно изучить причины отказов РЦ, повысить уровень компетенций, не только в условиях офлайн, но и также онлайн.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Ключевые показатели эффективности за 2020 г. Годовой отчет ОАО «РЖД» // URL: <https://ar2020.rzd.ru/ru/about-company/key-performance-indicators> (дата обращения: 04.04.2022).
- 2 Косенко С. А. Причины отказов элементов железнодорожного пути на полигоне Западно-Сибирской железной дороги / С. А. Косенко, С. С. Акимов // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. – 2017. – № 3(42). С. 26-34.
- 3 Янов М.И., Башаркин М.В., Исaiчева Н.А. Разработка лабораторного макета имитации намагниченности рельсов, изолирующих стыков // Наука и образование транспорту. 2021. №1. С.330-332.
- 4 Волик В.Г., Исaiчева А.Г., Радионов П.А. Методологические и организационные основы разработки учебно-демонстрационных программ для направлений подготовки в области электротехники В сборнике: Перспективные информационные технологии (ПИТ 2017). Труды Международной научно-технической конференции. 2017. С. 1058-1062.

СЕКЦИЯ 5

Проблемы экологии, безопасности жизнедеятельности и охраны труда на железнодорожном транспорте

«УГЛЕРОДНЫЙ СЛЕД» И ПУТИ ДЕКАРБОНИЗАЦИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА РОССИИ

Т. Д. Десяткова¹, Ю. А. Холопов²

Введение. Потребление энергии транспортными системами составляет 25 % от мирового потребления, и эти системы производят выбросы CO₂, который влияет на изменение климата. Стоит отметить, что не все способы передвижения для окружающей среды вредны. Безусловно, железнодорожный транспорт является самым экологичным - к этому виду передвижения относится только около 40 % пассажирооборота, при этом он производит всего 2 % [1].

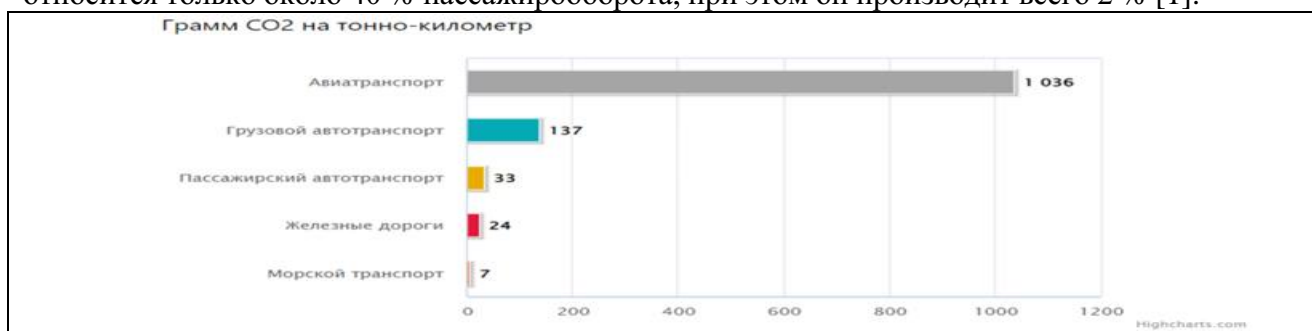


Рис. 1. Средние выбросы парниковых газов по видам транспорта

Железнодорожный транспорт является экологически чистым в сфере международных грузовых перевозок, эта особенность и позволяет уменьшить углеродный след. Свидетельством экологичности железной дороги видно из результатов измерения выброса диоксида углерода грузовыми поездами на транзитном коридоре Казахстан-Россия-Беларусь на маршруте Китай-Европа-Китай [2].

CER (Сообщество европейских железнодорожных и инфраструктурных компаний) создала кампанию «Будущее в железных дорогах», цель которой заключается в том, чтобы увеличить количество пассажиров по железной дороге к 2030 году и обеспечить, чтобы не менее 30 % всех грузов перемещалось по железной дороге. В связи с этим декарбонизации железнодорожного транспорта в современных реалиях является актуальной [3].

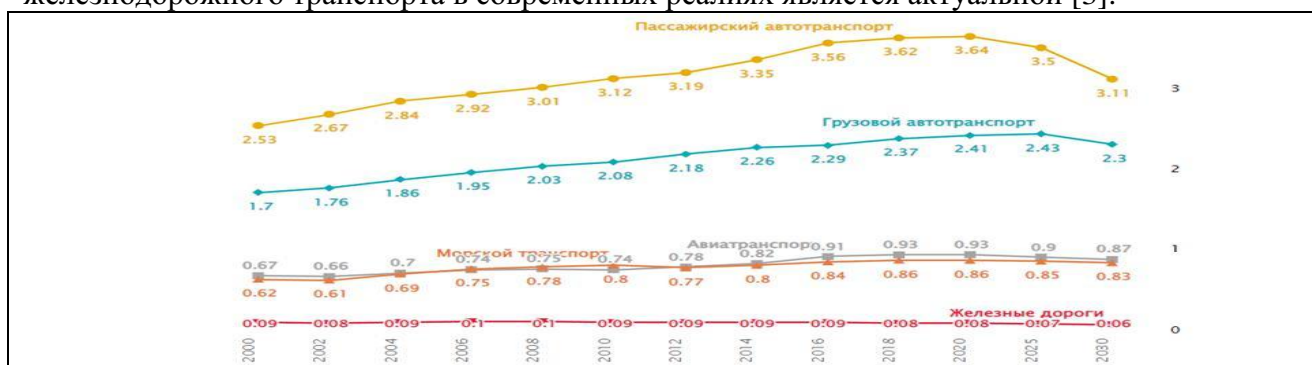


Рис. 2. Выбросы CO₂ по всем видам транспорта

¹ Десяткова Татьяна Денисовна – студент группы СОДП-81, Электротехнический факультет

² Холопов Юрий Александрович – к.с.-х.н., доцент кафедры «Биомедицинская безопасность на транспорте»

От общего объема парниковых выбросов доля ОАО «РЖД» составляет < 1 %, так же, как и отрицательное воздействие на экологию различных предприятий Российской Федерации в общих показателях (выбросы – 0,7 %, сбросы сточных вод в водные объекты – 0,05 %, образование отходов – 0,02 % от общего объема) [4].

По информации начальника Департамента экологии, охраны труда и промышленной безопасности ОАО «РЖД» А. Лисицыной, компания в 2019 г. уменьшила суммарные выбросы углерода до 46 % по сравнению с уровнем эмиссии 1990 года (2021). На российских железных дорогах реализуются такие проекты, как:

- увеличение полигона использования электротяги;
- размещение локомотивов на новых видах топлива;
- задействование поездной единицы, не имеющего поломок или нарушений при перевозке опасных грузов, пылеобразования при перевозке сыпучих грузов, проливов нефтепродуктов;
- отказ от отопления пассажирских вагонов - углем.

На железной дороге используются такие инновационные технологии декарбонизации, как:

- вождение поездов с применением энергооптимальных графиков движения, использованием алгоритмов торможения и остановки при обнаружении препятствий в габарите пути;
- автоведение (беспилотный режим) с существенным сокращением затрат электроэнергии;
- интервальное регулирование движения поездов и виртуальная сцепка;
- рекуперация – возвращение электроэнергии обратно в контактную сеть при движении и торможении подвижного состава [5].

В целях достижения климатической (углеродной) нейтральности на железнодорожном транспорте начаты и интенсивно проводятся работы по внедрению и использованию альтернативных источников энергии. Компаниям транспортного машиностроения поставлена задача создания подвижного состава, работающего на таких источниках энергии, как СПГ, водородное топливо, внедрение гибридных приводов, а также повышение энергоэффективности традиционного тягового подвижного состава [1].

В целом повышение экологичности перевозок всеми видами транспорта требует организации перевозочного процесса, направленной на сокращение порожнего пробега подвижного состава и контейнеров. Положительным примером может служить обратная загрузка в США и Европе судов-контейнеровозов мусором и отходами для переработки в Китае [2].

Декарбонизации железнодорожного транспорта будет способствовать повышение пропускной способности железных дорог без использования дополнительных тяговых средств (локомотивов) путём интервального регулирования движения и использования виртуальной сцепки через спутниковую навигацию и радиоканалы без светофоров и другого наземного оборудования сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ) [4].

Ещё одним направлением декарбонизации транспортного сектора является расширение практики и увеличение объёмов контрейлерных (железнодорожно-автомобильных) перевозок. В ЕС разработаны и выполняются межгосударственные и государственные программы субсидирования таких перевозок с целью сокращения выбросов углекислого газа. Поскольку, один из самых экологичных видов транспортировки - контрейлерные перевозки. По опыту европейских офисов DB Schenker, использование железнодорожных платформ на некоторых контрейлерных маршрутах с интенсивным грузовым трафиком способно сократить выбросы углекислого газа в атмосферу до 83 % [4].

По большей части экологическая выгода высокоскоростного железнодорожного транспорта воспринимается как должное, но согласно экологической стратегии ОАО «РЖД» до 2030 года, разработанной с учётом целей устойчивого развития ООН, в долгосрочной перспективе холдинг планирует достичь нулевого углеродного баланса [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Путь к углеродной нейтральности [Электронный ресурс] // Гудок. Выпуск № 148 (27242) 19.08.2021. URL: <https://gudok.ru/newspaper/?ID=1575974> (дата обращения: 12.05.2022).
- 2 Низкоуглеродный и экологически чистый железнодорожный транспорт становится все более популярным [Электронный ресурс] // ОТЛК. Евразийский Железнодорожный Альянс. URL: <https://www.utlc.com/smi/nizkouglerodnyy-i-ekologicheskii-zheleznodorozhnyy-transport-stanovitsya-vse-bole-populyarny/> (дата обращения: 12.05.2022).
- 3 Сравнительные преимущества и недостатки железнодорожного транспорта. Экологические преимущества железнодорожного транспорта [Электронный ресурс] // ERAI. Влияние экологической повестки на международные железнодорожные грузоперевозки, сентябрь 2020. URL: https://index1520.com/upload/medialibrary/e9a/OTLK-eco-ru_3.pdf (дата обращения: 12.05.2022).
- 4 Курс на декарбонизацию для ОАО «РЖД» является приоритетным [Электронный ресурс] // Олег Белозёров 15.01.2021. URL: <https://company.rzd.ru/ru/9397/page/104069?id=258757> (дата обращения: 12.05.2022).
- 5 Энергетическое будущее железнодорожного транспорта [Электронный ресурс] // Кирилл Ермолаев, Игорь Чаусов 12.01.2021. URL: <https://medium.com/internet-of-energy/1ebb2de4a82> (дата обращения: 12.05.2022).

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ ПУТЕМ ВНЕДРЕНИЯ СТРАТЕГИИ «VISION ZERO»

Е. С. Ефремова¹, А. А. Федотова²

Введение. Перспективы повышения безопасности на рабочих местах и железнодорожного движения в целом, а также снижения производственного травматизма и смертности при дорожно-транспортных происшествиях, ставят задачи для организации качественно нового подхода к организации профилактики травматизма. Специфичные производственные процессы, условия функционирования железнодорожного транспорта, разнообразные технологии и повышенная опасность обслуживания машин и механизмов – все это является двигателем для комплексного развития системы охраны труда [1]. Данная статья посвящена вопросам совершенствования системы охраны труда на железнодорожном транспорте посредством использования стратегии «Vision Zero», основанной на концепции «нулевого травматизма». Целью работы является исследование и сравнение основных показателей травматизма и несчастных случаев в РЖД до и после принятия концепции, а также основных принципов и правил данной концепции.

Опираясь на положения стратегии развития холдинга "РЖД" на период до 2030 года, можно сказать, что вопросы повышения уровня безопасности транспортной системы занимают центральное положение в инфраструктурном бизнес-блоке. Анализируя текущее положение, в соответствии с контрольными параметрами целевого состояния бизнес-блока «Инфраструктура», можно заметить, что по состоянию на 2012 год количество травмоопасных событий на млн поездо-км составило почти 2,5, в 2015 году этот показатель снизился до 1,4. Стратегия развития предполагает снижение этого показателя к 2030 году до 0,9 (табл. 1). [2]

Таблица 1

Контрольные параметры целевого состояния бизнес-блока «Инфраструктура»

Наименование показателя	Единица измерения	2012	2015	2020	2030
Уровень безопасности движения	кол-во событий на млн поездо-км	2,4381	1,3958	1,0905	0,9226

Мы наблюдаем тенденцию к снижению количества событий, приводящих к травмам, но показатели все равно высокие, поэтому повышение безопасности является актуальной проблемой в холдинге ОАО «РЖД».

У несчастных случаев и профессиональных заболеваний на производстве всегда есть факторы и причины, которыми они вызваны. Благодаря грамотному формированию профилактических мероприятий можно снизить влияние опасных и вредных факторов (в том числе

¹ Ефремова Елена Сергеевна – студент группы СЖД-84, Институт АИТС

² Федотова Анна Александровна – ст. преподаватель кафедры «Биомедицинская безопасность на транспорте»

и человеческий фактор), а также предотвратить профессиональные заболевания. Программа «Vision Zero» основана на трех основных аспектах трудовой деятельности, а именно: здоровья, безопасности и благополучия.

Появляется интерес к анализу показателей травматизма в период с 2018 года по 2020 год. Ключевые показатели производственной безопасности представлены в табл. 2.

Таблица 2.

Изменение ключевых показателей производственной безопасности с 2018 г. по 2020 г.

Наименование показателя	Единица измерения	2018	2019	2020
Расходы на безопасность труда (мероприятия по улучшению условий и охраны труда)	млн. руб.	22 596,1	23 914,6	28 542,1
Коэффициент частоты производственного травматизма	число травмированных на 1 тыс. работающих	0,23	0,21	0,1
Количество рабочих мест с вредными условиями труда	тыс. рабочих мест	84	81	79

Основываясь на результатах, представленных в табл. 2, за последние три года компания на 6 % сократила число рабочих мест с вредными условиями труда, причем рабочие места с особо вредными условиями труда на РЖД уже устранены. Также стоит отметить, что количество случаев профессиональных заболеваний за последние три года сократилось на 22 % [3].

Организованная система управления охраной труда в компании значительно снизила уровень общего производственного травматизма, а именно на 53 % (223/64/28 чел. в 2016 г.; 119/41/14 чел. в 2020 г.) – рис. Снизились также и количество травм со смертельным исходом – с 28 до 14 чел. По официальным данным основные причины производственного травматизма – это воздействие электрического тока, наезд подвижного состава и падение с высоты [3]. В основе всех несчастных случаев лежат причины организационного характера: неудовлетворительные контроль за производством работ и организация, нарушение технологического процесса, производственной и трудовой дисциплины.

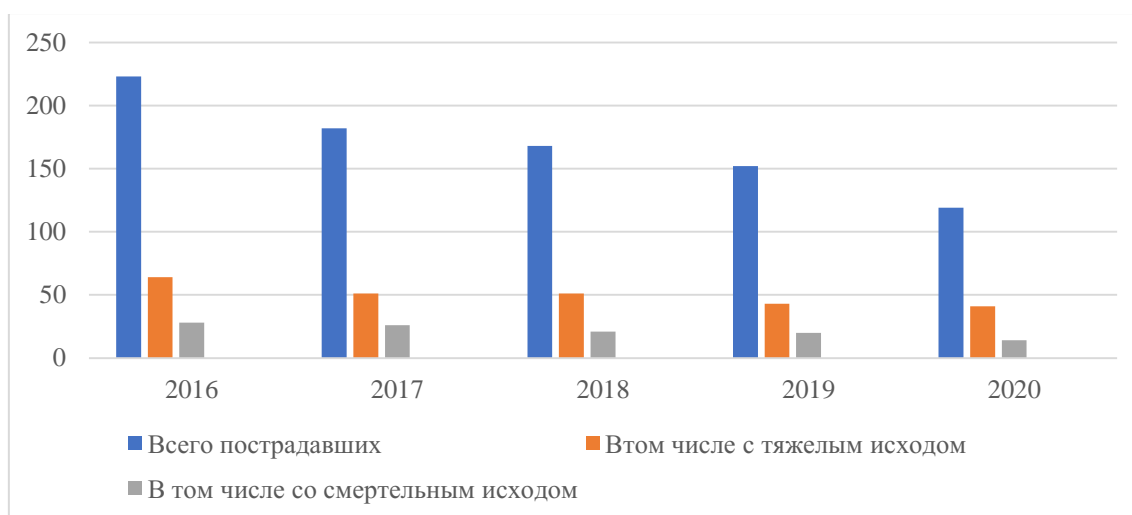


Рис. Динамика производственного травматизма в ОАО "РЖД", количество пострадавших, чел.

Говоря о стратегии «Vision Zero» и принимая во внимание все вышесказанное, можно сделать вывод о том, что это эффективный инновационный подход к вопросу охраны труда, ведь с 2018 года количество травм, несчастных случаев, смертельных исходов и количество рабочих мест с опасными условиями труда сократилось в разы.

Впервые концепцию «Vision Zero» принял парламент Швеции в 1997 году и в достаточно короткое время она получила распространение в Нидерландах, Великобритании, США и Канаде. Начиная со второй половины 2010-х годов идеи и высказывания по внедрению программы появляются и в России. 4 сентября 2017 года на XXI Всемирном конгрессе по

безопасности и гигиене труда Международной ассоциацией социального обеспечения в Сингапуре состоялся запуск концепции «Vision zero» и уже в 2018 году холдинг «РЖД» стал одним из первых партнеров в рамках этой программы, благодаря которому компания может добиться «нулевого травматизма» в ближайшие три года.

Основными принципами являются, во-первых, создание предотвращающих травматизм мер на основе анализа ситуаций с несчастными случаями на рабочих местах. Сделать заключения и создать все необходимые условия для предотвращения травм, аварий, смертельных случаев. Во-вторых, проанализировать деятельность каждой рабочей единицы через призму безопасности, здоровья и настроения конкретного человека, при этом душевное состояние и настроение в достаточно большой мере влияют на рабочий процесс, поэтому этот фактор тоже необходимо брать во внимание [4]. Этими вопросами тоже необходимо управлять, чтобы избежать несчастных случаев во время работы, ведь человек в стрессовом состоянии более склонен к попаданию в аварии и к происшествиям, как на работе, так и в повседневной жизни. Также стоит отметить, что ментальное здоровье рабочего – это новый тренд в европейской охране труда.

Новая концепция «Vision Zero» — это про здоровье каждого человека, а не про цифры и статистику по снижению травмоопасности, последнее – это вытекающий результат из первого тезиса. Поэтому главным принципом является, в первую очередь, обеспечение безопасности людей и уверенность в том, что человек вернется живым и здоровым с работы.

Чтобы адаптировать принципы данной концепции на предприятии, были разработаны семь «золотых» правил, которые превращают данную концепцию в глобальную философию по безопасности и предотвращению любых рисков травм на рабочем месте. К этим правилам относятся:

1. Правило о лидерстве и приверженность основополагающим принципам.
2. Правило о контроле рисков и выявлению потенциальных угроз для жизни, и здоровья работника.
3. Правило, касаемое разработки превентивных мер и мероприятий, а также программ для обеспечения безопасности.
4. Правило о комплексном подходе к безопасности и охране труда, путем достижения высокого уровня организации.
5. Правило о контроле технического состояния оборудования, станков и машин. Все они должны быть исправны и гарантировать безопасность.
6. Правило предполагает обучение работников, повышение их знаний в своей области и безопасности жизнедеятельности для того, чтобы работник развивал свои компетенции и смог обеспечить безопасность себе и окружающим.
7. Правило касается важности кадров, ведь люди – это самый главный ресурс любой компании, их жизнь и здоровье ставится на первое место и поэтому необходимо инвестировать в этот ресурс все силы, мотивировать сотрудников к осознанной безопасности.

Можно сделать вывод, что концепция «Vision Zero» – это комплексный подход к охране труда и безопасности на рабочем месте, который затрагивает управление охраной труда, связывает производственные процессы, анализирует эти процессы и разрабатывает ряд мер для достижения «нулевого травматизма» с минимальными издержками. Использование этого инновационного метода, на примере ОАО «РЖД», приводит к значительному снижению рисков, более комфортным условиям труда для каждого сотрудника, при этом повышая эффективность и производительность компании.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Васильев, Н.Е. Охрана труда на железнодорожном транспорте: Учебное пособие / Н.Е. Васильев. - М.: Academia, 2018. - 352 с.
- 2 Производственная безопасность и охрана труда. Годовой отчет // РЖД URL: <https://ar2020.rzd.ru/ru/sustainable-development/health-safety> (дата обращения: 04.12.2021).
- 3 Стратегия развития холдинга "РЖД" на период до 2030 года (основные положения) // РЖД URL: <https://company.rzd.ru/ru/9353/page/105104?id=804> (дата обращения: 04.12.2021).
- 4 Свидетельства // VISION ZERO URL: <https://visionzero.global/ru> (дата обращения: 04.12.2021).

ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГОРОДСКИХ ЗЕМЕЛЬ РОССИИ В КАЧЕСТВЕ РЕКРЕАЦИОННЫХ ЗОН

М. А. Осадчук¹, Ю. А. Холопов²

Введение. Береговые территории России на 68,1 % заняты пластиком и на 31,9 % - окурками, строительным мусором, стеклом, бумагой, арматурой и другими видами отходов [1]. Потребительское отношение человека к природе обходится России в ежегодные потери 120 га лесов [2]. На местах порубок остаются ветки, которые становятся местом обитания вредных для леса насекомых и грибов. На коре деревьев, особенно берез, некоторые люди любят вырезать надписи и рисунки, приводящие к вытеканию сока из дерева и проникновению внутрь ствола опасных микроорганизмов. Необходимо ограничить вредоносное влияние человека на природу, также создавать дополнительные зеленые зоны для отдыха внутри городов.

Актуальность темы: большинство городов России лишено рекреационных зон, поэтому жители преимущественно в теплое время года отправляются в ближайшие леса или горы, где разводят костры, в некоторых случаях становящиеся причинами лесных пожаров, закапывают в землю неорганический мусор, а автомобили оставляют колеи, долго не затягивающиеся травой.

Цель: найти способы эффективного использования городских земель России как рекреационных зон.

Задачи: посчитать площади, которые занимают рекреационные зоны в разных городах; оценить доступность таких зон.

Объект исследования: города России; предмет исследования: зеленые зоны городов.

Основная часть. Земли рекреационного назначения – это земли, используемые для целей отдыха, туризма или лечения [3]. Это могут быть как природные территории, так и культурно-исторические памятники и достопримечательности.

Но основой рекреационных ресурсов являются зеленые зоны. Именно они и будут рассмотрены в качестве рекреационных ресурсов России.

Таблица

Данные о долях рекреационных зон некоторых городов России

Город	Площадь рекреационных зон, га	Площадь города, га	Доля рекреационных зон, %
Владивосток	4 840	33 100	14,6
Волгоград	6800	86 900	7,9
Казань	9 800	42 500	23
Кемерово	8 920	29 400	30,3
Москва	26 439	256 100	29,3
Оренбург	2 207	25 800	8,6
Пенза	16 704	28 800	58
Ростов-на-Дону	5 696	34 800	16,37
Самара	16 258	54 100	30,1
Санкт-Петербург	44 609	143 900	31
Сочи	217 779	350 600	62
Тольятти	9 569	30 000	31,9
Уфа	48 302	70 700	68,32

Для исследования были выбраны некоторые города России, представленные в табл. 1. Площадь каждого города была получена с использованием данных из Интернета, а площадь рекреационных зон вычислялась с помощью инструмента «линейка» в «Яндекс Картах». Данный инструмент позволял измерять длины сторон различных обустроенных зеленых участков города (парков, скверов, аллей, лесов и др.), после чего по полученным данным и по формулам площадей разных геометрических фигур рассчитывались площади зеленых зон. В расчеты не вошли зоны с загубленной растительностью и неухоженными территориями.

¹Осадчук Марина Александровна – студент группы ПСЖД-91, факультет ПСиПМ

²Холопов Юрий Александрович – к.с.-х.н., доцент кафедры «Биомедицинская безопасность на транспорте»

Эффективное использование городских земель включает в себя:

- рациональный выбор площадки для зоны отдыха (это должно быть место с наиболее чистым воздухом, вдали от ингредиентных источников загрязнения и шума);
- вычисление оптимальной площади зоны отдыха (площадь зоны отдыха зависит от ее предполагаемой посещаемости и предназначения);
- равномерная концентрация зон отдыха в городе;
- доступность зоны (данное понятие включает в себя время, потраченное на путь до зоны отдыха; стоимость отдыха и стоимость проезда; вид транспорта, курсирующий до зоны отдыха, периодичность его движения и комфортность).

Для проведения сравнительной оценки городских территорий были выбраны два города со значительными отличиями в долях рекреационных зон: Волгоград и Сочи. Рекреационные зоны Волгограда составляют всего лишь 7,9 % от его площади, а у Сочи – 62 %. Значительная разница в озеленении просматривается и на снимках городов (рис.1).

Конечно, сравнивать города, расположенные в разных климатических зонах не совсем справедливо, тем более, когда один из них является курортом, а другой – городом с заводами и промышленными предприятиями. Несмотря на это, для улучшения ситуации с озеленением Волгограда можно предложить следующие варианты:

- высаживание пород деревьев и кустарников, адаптированных сухому континентальному климату (вяз приземистый, тополь пирамидальный, тополь черный, ясень обыкновенный) [4];
- рекультивация земель, находящихся под свалками мусора;
- снос ветхих домов и строительство на их месте парков;
- возведение зданий, которые станут крытыми парками в тех частях города, где вредные вещества в воздухе превышают ПДК или близки к ним;
- создание искусственных водоемов как вариант рекультивации земель.



Рис. 1. Слева – вид на Сочи, справа – вид на Волгоград

Неэффективное использование земель можно наблюдать почти в любом из городов России. Так, в Самаре около ТРК «Вива Лэнд» находятся квартал с заброшенными полуразрушенными домами, который несколько лет готовят к сносу. На месте этих домов планируют построить вторую очередь торгового центра, но целесообразнее было бы расположить там парковую зону, которых в Кировском районе мало.

Эта зона будет обладать следующими преимуществами:

- зеленые насаждения будут активно улавливать углекислый газ и синтезировать кислород;
- уровень запыленности в парке в 3 раза меньше, чем за его пределами;
- температура воздуха летом там меньше на 2-3° С [5,6];
- в парке ниже уровень шума из-за древесно-кустарниковых насаждений [7].

На рис.2 красным контуром выделена необустроенная территория около корпусов университета СамГУПС, находящихся на ул. Литвинова. Там, на полностью покрытой мусором и старыми ветками площади, растут деревья. Если расчистить эту территорию, поставить внутри

нее скамейки, один или два фонаря и урны, то получится сквер, который студенты смогут использовать как место для отдыха в перерывах между занятиями. Сейчас эту роль выполняет стоянка для машин. По периметру обозначенной на рис.2 зоны рекомендуется посадить кустарники, которые бы задерживали часть пыли, летящей с улицы Литвинова.



Рис. 2. Необустроенная зеленая территория вблизи корпусов СамГУПС на ул. Литвинова

Заключение. В ходе работы были даны рекомендации по рациональному благоустройству городских территорий, предназначенных для отдыха населения; предложены варианты решения проблемы с недостаточным озеленением Волгограда, а также рассмотрены две территории Самары, требующие преобразования. В дальнейшем планируется разработка плана по обустройству территории около корпусов СамГУПС и обращение к администрации города Самары с просьбой помочь университету материально для реализации этого плана.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 В Greenpeace назвали самый распространенный мусор у российских водоемов. <https://ria.ru/20191029/1560337717.html> (Дата обращения: 17.04.2022).
- 2 В России ежегодно вырубают 120 гектаров леса <https://www.mk.ru/economics/2020/07/17/v-rossii-ezhegodno-vyrubayut-120-tysyach-gektarov-lesa.html#:~:text=120%20тысяч%20гектаров%20%20столько,лесного%20фонда%20в%20другие%20категории> (Дата обращения: 18.04.2022).
- 3 Экологический энциклопедический словарь: Д26 свыше 8 тыс. терминов / И.И. Дедю. К.: Гл. ред. МСЭ. 408 с.
- 4 Брем А. Жизнь растений. Новейшая ботаническая энциклопедия. М.: Эксмо, 2007. 976 с.: ил.
- 5 Роль зеленых насаждений в городе <https://sdelaemsami.ru/landdiz09.html> (Дата обращения: 02.04.2022).
- 6 Юдина Н.В. Рекреационные комплексы городской среды города Ростова-на-Дону // Строительство и архитектура - 2015. Мат-лы междунар. науч.-практ. конф. ФГБОУ ВПО "Ростовский государственный строительный университет", Союз строителей южного федерального округа, Ассоциация строителей Дона. 2015. С. 33-35.
- 7 Калугина Ю.В. Тенденции развития транспорта и создание комфортной городской среды / Ю.В. Калугина, Ю.А. Холопов // Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов ЕЛРПТ 2015. Сб. трудов пятого междунар. экол. конгр. (седьмой междунар. науч.-техн. конф.). 2015. С. 173-177.

ВЛИЯНИЕ СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ НА ФОРМИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ГРАМОТНОСТИ СТУДЕНЧЕСКОЙ АУДИТОРИИ

С. А. Сарычева¹

Введение. В настоящее время вопрос взаимодействия природы с человеком перерос в масштабную экологическую проблему. Чтобы предотвратить усугубление экологических проблем в будущем, важно уже сегодня направить информационные ресурсы на студенческую

¹ Сарычева Снежана Андреевна – студент группы СОДП-83, Электротехнический факультет

аудиторию, поскольку она является главным двигателем прогресса. В этом могут помочь социальные сети - основное средство коммуникации между людьми в современном мире.

Цель работы - выявить положительные стороны влияния социальных сетей на уровень экологической грамотности представителей молодежи.

Основная часть. На сегодняшний день экологические проблемы поражают степенью негативного воздействия, так как приводят к серьезным катастрофическим последствиям [1]. По последним данным уничтожено 2/3 лесной территории, столько же утрачено почв сельскохозяйственного назначения. Поступление в атмосферу выхлопных газов приводит к заметному снижению иммунитета людей, а более 100 млн. человек проживают в экологически неблагоприятных условиях [2]. Экологическая безграмотность – вот причина разрушения природной среды [3]. Очевидно, что для принятия экологосообразных решений, необходимо повышать уровень экологической культуры будущих специалистов [4, 5]. Одним из важных средств воздействия на молодое поколение являются социальные сети, которые занимают большую часть медиапространства.

Социальные сети – основной способ коммуникации между пользователями. Они также служат современным инструментом воздействия на общественное мнение. Времяпрепровождение в Интернет-пространстве способствует формированию ценностей и стереотипов, именно поэтому социальные сети как никогда актуальны для решения вопросов в области экологии.

Эволюция социальных сетей дошла до такого уровня, что создаются сообщества / группы, в которых посетители ресурса могут ознакомиться с ближайшими мероприятиями, оставить свое мнение, вопросы или замечания относительно конкретной тематики. Например, в социальной сети ВКонтакте есть группа самарской компании, основанной в 2013 году под названием ЭкоСтройРесурс (рис.1).

Для большей вовлеченности молодого поколения в решение экологических вопросов Региональный оператор в сфере обращения с твердыми коммунальными отходами (ТКО) открыл набор волонтеров в ЭкоСтройОтряд. Тех, кому небезразлична тема раздельного сбора отходов, сохранения природных ресурсов, ЭкоСтройРесурс объединяет для организации эффективной работы по охране окружающей среды. Команда ЭкоСтройОтряда занимается экологическим просвещением путем распространения экологической информации, организации проверочных тестов и т.п. Также организуется непосредственное участие в восстановлении природоохранных территорий, приобщение жителей Самарской области к правильному образу жизни, выявление несанкционированных свалок и т.д. Это позволяет значительно поднять уровень экологической грамотности жителей Самарской области. Более того, по мере вступления желающих в отряд, возрастает чувство ответственности каждого активиста в плане сохранения природных ресурсов. Такая человеческая деятельность имеет важное значение для достижения устойчивого развития, решения экологических проблем, приобретение знаний в области охраны окружающей среды, формирование практических навыков для предотвращения существующих и зарождающихся экологических катастроф.

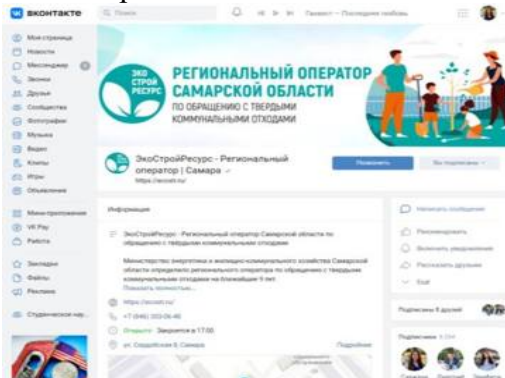


Рис. 1. Группа Регионального оператора в сфере обращения с ТКО в социальной сети ВКонтакте

Для активного обсуждения мероприятий, вопросов экологии, Региональный оператор Самарской области создал беседу для экovolонтеров (рис.2). Здесь ребята могут поддерживать общение, кооперироваться на экологические акции и т.д. Такой способ коммуникации

друг с другом позволяет не терять связь, актуальную информацию о предстоящих мероприятиях, а также поддерживать мотивацию для снижения уровня экологических проблем.

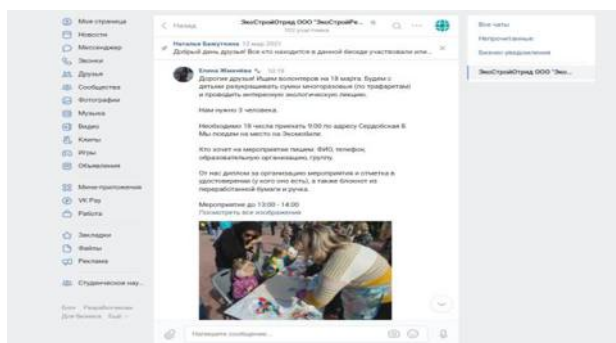


Рис. 2. Беседа ЭкоСтройОтряда ООО «ЭкоСтройРесурс»

С целью получения статистических данных о влиянии социального пространства на молодое поколение, был проведен опрос среди активистов ЭкоСтройОтряда. В опросе участвовало 50 человек в возрасте от 18 до 25 лет.

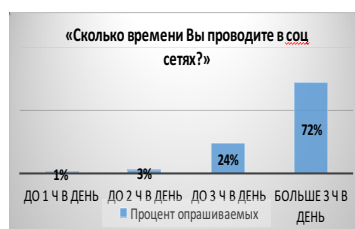


Рис. 3. Времяпрепровождение пользователей в социальных сетях

По итогам социологического опроса 72 % респондентов проводят в социальных сетях большую часть времени, больше 3-х часов в день (рис. 3). Таким образом, тезис о том, что виртуальное пространство является эффективным инструментом воздействия на молодое поколение [6] подтверждается данными наших исследований.

Несмотря на доступность экологической информации в Интернет-среде, остается актуальным вопрос просвещения в области охраны окружающей среды. По мнению большинства, верным инструментом повышения экологической грамотности является внедрение в школьную и вузовскую программы предмета «Экология», что отмечается и в литературных источниках [7]. Следующий способ – это проведение акций по привлечению молодого поколения к решению вопросов защиты и сохранения природных ресурсов. Данное направление в течение ряда лет успешно реализуется в Самарском государственном университете путей сообщения [8].

На вопрос «Как Вы думаете, что может помочь в повышении экологической грамотности?», были даны следующие ответы:

«Сортировка ТКО в домашних условиях»;

«Давать больше информации в сообществах в ВКонтакте»;

«Проведение мероприятий, направленных на осведомление людей. Повсеместная возможность сдачи вторсырья. Переход организаций/бизнеса/компаний на более экологичный лад (например, не упаковывать один банан в кучу пластика, продавать продукцию только в тех упаковках, которые легко можно переработать»;

«Самое главное - это желание людей быть заинтересованными в вопросе сохранения чистоты на планете».

Большинство активистов утверждают, что экологические сообщества/группы в социальных сетях помогают повысить интерес молодого поколения к решению вопросов экологии (рис.4). Получается, что виртуальная среда – верный инструмент привлечения активистов в ряды экодобровольцев.

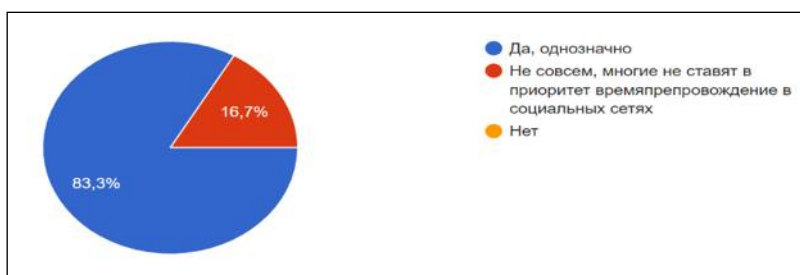


Рис. 4. Эффективность сообществ в социальных сетях в плане повышения интереса молодежи к экологическим вопросам

Заключение. Для повышения уровня экологической культуры студентов необходимо предоставлять актуальную информацию о существующих экологических проблемах, акциях, мероприятиях через социальные сети. Важно уметь пользоваться Интернет-ресурсами для мотивации молодых жителей Самарской области заниматься вопросами обеспечения экологической безопасности и рационального использования природных ресурсов. Именно путем агитации молодого поколения к участию в экологических акциях через Интернет-пространство, путем формирования обучающихся о существующих проблемах в области охраны окружающей среды, через создание сообществ/групп экологической направленности в социальных сетях можно добиться повышения уровня экологической грамотности жителей Самарской области, увеличения удовлетворенности населения состоянием среды жизнедеятельности человека.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Марар О.И. Духовная жизнь общества и проблемы экологической культуры в современной России. Воронеж: ВФ РАГС, 2008.
- 2 Головских Д.С. Формирование экологической грамотности на ступени высшего образования // Современные научные исследования и инновации. 2016. № 3 [Электронный ресурс]. URL: <https://web.snauka.ru/issues/2016/03/64928>.
- 3 Авдонин А.Н., Камаев Р.Б., Рыжовская Д.С. Экологическое сознание: состояние и причины пассивности // Социс. 1997. № 8. С. 88.
- 4 Анфилофьев Б.А., Холопов Ю.А. Экологическое образование в технических вузах как элемент культуры и здорового образа жизни // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Специальный выпуск: Конгресс Экология и здоровье человека. 2008. Т. 1. С. 111-114.
- 5 Анфилофьев Б.А., Лукенюк Е.В., Холопов Ю.А. О необходимости повышении уровня экологической культуры обучающихся // Здоровая окружающая среда - основа безопасности регионов. сборник трудов первого международного экологического форума в Рязани : посвящается году экологии в Российской Федерации. 2017. С. 327-330.
- 6 Николаева А.А., Павлова Т.С. Компьютерная зависимость у детей и подростков // Социосфера. 2019. №2. С. 117-120.
- 7 Васильева Д.И., Холопов Ю.А. Проблема дальнейшего развития экологического образования при актуализации образовательных стандартов направлений бакалавриата // От экологического образования к экологии будущего. Сборник материалов и докладов VI Всероссийской научно-практической конференции по экологическому образованию. Под общей редакцией В.А. Грачева. 2020. С. 1718-1725.
- 8 Насибов Р.Э., Мехоношин С.А., Холопов Ю.А. Экологическое образование в СамГУПС: знаем, умеем, действуем! // Экологические, экономические, социальные и правовые аспекты устойчивого развития. Тезисы докладов международной студенческой научно-практической конференции. 2016. С. 52-54.

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 3

Железнодорожный путь и строительство

Винникова А. А., Галанский С. А. Пути повышения производительности щебнеочистительных машин.....	3-5
Гизетдинов А. М., Галанский С. А. Пути создания модифицированного абразивного инструмента для скоростного шлифования рельсов.....	5-8
Ефремова Е. С., Горбатенко С. В., Матюшкова Л. И. Анализ методов укрепления оснований на объектах железнодорожной инфраструктуры	8-10
Ефремова Е. С., Щенникова Т. В. Анализ способов предотвращения оврагообразования и методов борьбы с селевыми потоками	10-13
Карсаков Е. Э., Тарасов А. В., Тренькин В. М. Способы математического описания пространствен ной кривой железнодорожного пути на участках переломов продольного профиля.....	14-17
Серикова Е. С., Галлямов Д. И. Шпала из перерабатываемого полимерного материала.....	17-19
Акифьева Е. С., Соколова С. В. Применение глиноземсодержащих отходов промышленного производства при синтезировании составов жаростойких бетонов	20-21
Горбатенко С. В., Баранов А. С. Модифицированные бетоны	21-23
Зайдуллина Л. Ф., Власова С. Е. Особенности перекрытия карстовых провалов с помощью геосинтетических материалов в железнодорожном строительстве	24-26
Сергеев Д. В., Соколова С. В. Влияние пропитки раствором ортофосфорной кислоты на физико-механические свойства алюмосиликатных огнеупоров.....	27-28
Судакова Д. Д., Баранов А. С. Технологические приемы повышения прочности бетона	28-31
Табаков И. Г., Баранов А. С. Применение дисперсного армирования в транспортном строительстве	31-34
Филиппов И. С., Вершинин П. В. Применение современных программных комплексов в динамических инженерных расчётах.....	24-36

СЕКЦИЯ 4

Автоматизация, информатизация, телекоммуникации и энергосбережение на железнодорожном транспорте

Белякова Т. А., Гуцин А. В. Алгебраические основы линейного кодирования.....	37-40
Бусаргина К. А., Засов В. А. О возможностях стохастического алгоритма оптимизации роум светлячков.....	40-43
Губачева К. С., Гуцин А. В. Теория чисел и практика генерации последовательностей.....	43-46
Кельчина А. А., Додонов М. В. Разработка имитационной модели парка прибытия четной системы станции Кинель	46-48
Кормаков А. А., Иванов Д. В. Исследование сходимости программного комплекса «Алгоритм идентификации многомерных по входу дробных ARX систем с помехами во входных сигналах»	48-50
Куршева А. А., Гуцин А. В. Исследование алгебраических базисов	50-52

Леонова С. С., Засов В. А. Адаптивная многоскоростная обработка сигналов в системах мониторинга	52-55
Ненашева В. А., Степовая Д. А. Диагностика дизельного двигателя Д-49.....	55-58
Татарова Н. К., Засов В. А. Система измерения путевых координат подвижных единиц железнодорожного транспорта	59-62
Шаталов Д. А., Додонов М. В. Разработка имитационной модели работы вагонного депо.....	63-66
Гавриленко А. Д., Папиловская Л. И. Информационная система единой аутентификации.....	66-68
Жукова А. В., Папиловская Л. И. Информационная система прогнозирования погрузки.....	69-73
Киселев С. А., Папиловская Л. И. Система учета серверного сегмента	74-76
Тихонова Е. В., Харунжина О. М., Папиловская Л. И. Современные информационные технологии в системе интерактивного обучения	76-79
Филимонова Е. Д., Папиловская Л. И. Применение RPA при выполнении настроек по контрагентам ОАО «РЖД» для перехода на ЮЗЭДО	79-80
Антонова В. В. , Сандлер И. Л. Имитационная модель гидравлической системы подачи с дифференциальным цилиндром	81-82
Болгов А. В., Припутников А. П. Проектирование 3d модели ленточного шлифовально-полировального станка	83-84
Бурнаевский Д. К., Сандлер И. Л. Разработка лабораторного трехкоординатного ударно-точечного маркировочного станка с ЧПУ	84-85
Жалилова А. А., Степовая Д. А. Опыт применения дробных ПИД алгоритмов управления дизельными двигателями внутреннего сгорания	86-89
Зарипов Р. А., Засов В. А. Автоматизация контроля и управления тормозной системой грузовых поездов.....	89-94
Иванова О. С., Иванов Д. В. Тестирование программной реализации рекуррентного алгоритма определения параметров динамической системы с учетом действия помех на основе стохастической аппроксимации с усреднением.....	94-96
Рудаков А. А., Сургучёв И. В., Сандлер И. Л. Имитационная модель пневматической системы штангоулавливания.....	96-98
Терехин М. А., Иванов Д. В. Разработка Системы автоматического управления тянущего устройства	99-100
Брагина И. Н., Припутников А. П. Регулирование скорости пневмоцилиндра	101-102
Лебакин И. В., Припутников А. П. Мехатронное устройство передачи вращающего момента	103-104
Воропаев Д. Э., Козменков О. Н. Эффективное проектирование. Разработка приточной-вытяжной системы вентиляции промышленного помещения	104-105
Нечаева И. А., Козлова Н. С. Оценка фотографий рабочего дня студентов.....	106-107
Соловьев С. Д., Харитонова Т. В. Определение целесообразности использования квадрокоптера в диагностике контактной сети	108-110
Десяткова Т. Д., Ионов А. А. Математическая модель машины постоянного тока с последовательным возбуждением.....	110-114
Мукалиева К. И., Могилина А. А., Путько В. Ф. Создание шаровой молнии с помощью микроволнового электромагнитного излучения	114-116
Чапланов И. С., Шорохов Н. С. Нейропроцессорная реализация системы контроля железнодорожного переезда.....	116-117

Костин И. А., Ахмадуллин Ф. Р. Система управления движением поездов с использованием средств спутниковой навигации Глонасс/GPS	118-120
Карманников А. В., Волкова Д. А., Надежкин В. А. Анализ причин намагниченности рельсов в изолирующих стыках	120-122
Десяткова Т. Д., Хохрин А. С., Юсупов Р. Р. О возможности оценки продольной асимметрии рельсовой линии посредством локомотивных приемных катушек автоматической локомотивной сигнализации	123-124
Ионин М. А., Колодина Н. Д., Хохрин А. С. Об особенностях применения в локомотивном приёмнике канала АЛСН схемы бланкирования и схемы ШОУ	125-128
Кочетова А. О., Сарычева С. А., Тарасов Е. М. Связь электротехнических дисциплин, изучаемых на младших курсах, со специальными дисциплинами на примере курса «Математическое моделирование систем и процессов»	128-131
Крылов А. В., Петлина О. И., Башаркин М. В. Обзор технических решений и способов контроля зазора в месте прилегания остряка к рамному рельсу	132-134
Мукалиева К. И., Могилина А. А., Башаркин М. В. Сравнительный анализ систем электрической централизации для станции Театральная Самарского метрополитена	134-137
Сабанцев А. В., Хохрин А. С., Юсупов Р. Р. Исследование функционирования комбинированного приемника сигналов АЛСН с бланкированием и схемой ШОУ при воздействии импульсных помех	137-141
Сарычева С. А., Кочетова А. О., Тарасова А. Е. Разработка комплекса лабораторных работ по технологиям компьютерных сетей для изучения передачи пакетной информации	141-145
Суторма А. А., Исайчева Н. А., Данилина П. А. Преимущества внедрения устройств для контроля параметров дросселя трансформатора	145-148
Шишкин В. С., Янов М. И., Смирнова Л. Б. Совершенствование выявления уровня помех поездной радиосвязи	148-150
Янов М. И., Шишкин В. С., Смирнова Л. Б. Разработка лабораторного комплекса по исследованию намагниченности рельсов	150-152

СЕКЦИЯ 5

Проблемы экологии, безопасности жизнедеятельности и охраны труда на железнодорожном транспорте

Десяткова Т. Д., Холопов Ю. А. «Углеродный след» и пути декарбонизации железнодорожного транспорта России	153-155
Ефремова Е. С., Федотова А. А. Повышение безопасности на железнодорожном транспорте путем внедрения стратегии «Vision zero»	155-157
Осадчук М. А., Холопов Ю. А. Эффективное использование городских земель России в качестве рекреационных зон	158-160
Сарычева С. А. Влияние социальных сетей на формирование экологической грамотности студенческой аудитории	160-163