



МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

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

МЕХАТРОНИКА, АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ НА ТРАНСПОРТЕ

**МАТЕРИАЛЫ IV ВСЕРОССИЙСКОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

(Самара, 26–27 января 2022 г.)

Самара
2022

УДК 621.865.8
ББК 32.81
М 55

Редакционная коллегия

Ответственный редактор:

А.В. Авсиевич канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой «Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте» СамГУПС

Члены редакционной коллегии:

В.А. Хайтбаев д-р эконом. наук, профессор, заведующий кафедрой «Менеджмент и логистика на транспор», СамГУПС

В.А. Засов канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте» СамГУПС

В.В. Авсиевич Директор ООО «ДТФ-КОМ»

Н.В. Чертыков-цева канд. техн. наук, доцент кафедры «Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте», СамГУПС

М 55 **Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте** : материалы IV Всероссийской научно-практической конференции (Самара, 26–27 января 2022 г.). – Самара : СамГУПС, 2022. – 242 с.
ISBN 978-5-98941-356-0

УДК 621.865.8
ББК 32.81

Сборник материалов содержит пленарные и секционные доклады, представленные на IV Всероссийскую научно-практическую конференцию «Мехатроника, автоматизация, управление на транспорте». Материалы содержат актуальные теоретические и прикладные проблемы мехатроники и управления в области транспорта. Рассматриваются проблемы интеллектуализации мехатронных и робототехнических систем, вопросы исследования и проектирования АСОИУ на транспорте, применения технологий искусственного интеллекта, виртуальной и дополненной реальности

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ НА ТРАНСПОРТЕ	6
Бессмертный А.Е., Додонов М.В. АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЗАЯВОК НА ПЕРЕВОЗКУ ГРУЗОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ ТРАНСПОРТОМ	6
Голова А.А., Сопченко Е.В. РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОЛНОТЕКСТОВОГО ПОИСКА ПО ПРЕВЬЮ В НОВОСТНОЙ ЛЕНТЕ	10
Жалилова А. А., Авсиевич А.В. РЕКУРРЕНТНЫЕ АЛГОРИТМЫ ВЫЧИСЛЕНИЯ ИНТЕГРАЛА И ДИФФЕРЕНЦИАЛА НЕЦЕЛОГО ПОРЯДКА	15
Засов В.А., Мельников П.А. АДАПТИВНЫЙ ПОДАВИТЕЛЬ КОРРЕЛИРОВАННЫХ ПОМЕХ В ПРЕРЫВИСТЫХ СИГНАЛАХ	21
Засов В.А., Давлетшина А.И. СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ВЫРАБОТАННОГО И ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСОВ ЛОКОМОТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ	24
Земба А.П., Семченков С.С. УВЕЛИЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА С ПОМОЩЬЮ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ РЕГИСТРАЦИИ, ХРАНЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ О ПРОСТОЯХ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ТРАНСПОРТНЫХ ПАРКОВ	30
Лобачев А.Ю. МЕТОДИКИ МОДЕЛИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ГОНОК В МНОГОПОТОЧНЫХ ПРОГРАММАХ	33
Никищенков С. А. МЕТОДОЛОГИЯ АНАЛИЗА И ДИАГНОСТИКИ ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МНОГОАСПЕКТНЫХ ОПЕРАТОРНЫХ СХЕМ	36
Никищенков С. А., Халаева С.Н. КОНТРОЛЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ ТРИГГЕРНО-ВРЕМЕННЫХ ФУНКЦИЙ ОПЕРАЦИЙ	39
Кабижский Д.С. ПОКАЗАТЕЛИ ДИНАМИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ ОБНАРУЖЕНИЯ СОСТОЯНИЙ ГОНКИ В МНОГОПОТОЧНЫХ ПРОГРАММАХ	42
Кауров А.А. АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ДЕТЕРМИНИРОВАННЫХ И СТОХАСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОПТИМИЗАЦИИ	46
Колтыгин Д.С., Седова В.В., Четвертнов А.С. МЕТОД БЕСКОНТАКТНОГО МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ	50
Ульянов А.Д. ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ	54
СЕКЦИЯ 2. МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА НА ТРАНСПОРТЕ	59
Антонова В.В. МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ПРИНЦИПАЛЬНОЙ СХЕМЫ ПРИВОДА МЕХАНИЗМА ПОВОРОТА ЭКСКАВАТОРА	59
Антонова В. В., Рудаков А. А. ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРИВОДА РАБОЧЕГО ОРГАНА ТРАНШЕЕКОПАТЕЛЯ	63
Антонова В.В., Рудаков А.А. МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРИВОДА ТРАНШЕЙНОГО ЭКСКАВАТОРА	68
Бурнаевский Д.К., Зарипов Р.А. МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ПРИНЦИПАЛЬНОЙ СХЕМЫ ПРИВОДА ВИБРАТОРА СТРОИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ	75
Зарипов Р.А., Бурнаевский Д.К. МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРИВОДА ПОДЪЕМА РАБОЧЕГО ОРГАНА ФРОНТАЛЬНОГО ПОГРУЗЧИКА.....	79
Вазенмиллер Р.В., Козлов В.В. ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ В ОБЪЕДИНЕНИИ С ИНФОРМАЦИОННЫМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ НА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ	83

Воссин А.В. ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОГРУЗЧИКА НА БАЗЕ ПАКЕТА FLUIDSIM HYDRAULICS	85
Воссин А.В., Сургучёв И.В. МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРИВОДА СТРОИТЕЛЬНОГО ПОДЪЕМНИКА	90
Додорина И.В., Брагина И.Н. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА: «ДЕТСКИЙ КЛУБ ПО РОБОТОТЕХНИКЕ И МЕНТАЛЬНОЙ МАТЕМАТИКЕ»	95
Засов В.А., Зарипов Р.А. АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМОЙ ГРУЗОВЫХ ПОЕЗДОВ	100
Кипер А.В., Рыжов Г.А., Давлюд И.И. РЕЖИМЫ РАБОТЫ УПРАВЛЕНИЯ ГРУЗОВОЙ ТЕЛЕЖКИ СУДОВОЙ КАНАТНОЙ ДОРОГИ.....	105
Колтыгин Д.С., Седелников И.А. МЕТОДИКА И ПРОГРАММА ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАБОЧИХ ЗОН МАНИПУЛЯЦИОННЫХ РОБОТОВ	110
Никишин Д.М., Козлов В.В. ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ В ЛОГИСТИКЕ	114
Ниязов М. В. , Додонов М. В. СИСТЕМА БЕСПРОВОДНЫХ МЕХАТРОННЫХ МОДУЛЕЙ ДЛЯ ПРЕДОТВАЩЕНИЯ ОПАСНЫХ СИТУАЦИЙ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ.....	116
Рудаков А. А. МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРИВОДА ПОВОРОТА СТРЕЛЫ ЧЕЛЮСТНОГО ПОГРУЗЧИКА	119
Воссин А.В., Сандлер И.Л. МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ АНТИБЛОКИРОВОЧНОЙ ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМЫ	124
Сандлер И.Л., Кормаков А.А. МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ КРУГЛОШЛИФОВАЛЬНОГО СТАНКА 3Е184	129
Терехин М. А., Сандлер И.Л. ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КРАНА МАНИПУЛЯТОРА НА БАЗЕ ПАКЕТА FLUIDSIM HYDRAULICS.....	135
Сургучев И.В. МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ ПРИВОДА ПОДЪЕМА-ОПУСКАНИЯ КОВША И ВЫДВИЖЕНИЯ ЗАДНЕЙ СТЕНКИ САМОХОДНОГО СКРЕПЕРА.....	140
Терехин М. А. ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЛЕБЕДКИ НА БАЗЕ ПАКЕТА FLUIDSIM HYDRAULICS	144
Сургучев И.В., Терехин М.А, Читоркин Е.Е. МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ ПРИВОДА МЕХАНИЗМА ПОВОРОТА АВТОМОБИЛЬНОГО КРАНА.....	150
Угарин А. Е., Додонов М. В. РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНЫХ КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ	155
СЕКЦИЯ 3. ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ. ВИРТУАЛЬНАЯ И ДОПОЛНЕННАЯ РЕАЛЬНОСТЬ НА ТРАНСПОРТЕ.....	158
Булгаков А.С., Сопченко Е.В. РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ СТОИМОСТИ ЖИЛЬЯ.....	158
Морозова Е.В., Додонов М.В. КЛАССИФИКАТОР ДЛЯ ПОИСКА ЗАВИСИМОСТЕЙ ЗОНАЛЬНОСТИ ОТ РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕСТИРОВАНИЯ СОТРУДНИКОВ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ	162
Печорин А.С, Авсиевич В.В, Сулевич Н.О ПРИМЕНЕНИЕ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ В ТЕХНИЧЕСКОЙ УЧЕБЕ ОАО "РЖД"	166
Сулевич Н.О, Авсиевич В.В, Язданова Л.Р, Печорин А.С ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОСЕТЕЙ ДЛЯ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОМОНТЕРОВ	168
Язданова Л.Р., Колягин И.К., Авсиевич В.В., Сулевич Н.О. ОБЗОР НЕЙРОСЕТЕЙ ДЛЯ РЕКОНСТРУКЦИИ 3D МОДЕЛЕЙ ИЗ 2D ИЗОБРАЖЕНИЙ	170

СЕКЦИЯ 4. ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ НА ТРАНСПОРТЕ	174
Атапин В.В. Нечушкин А.С. РОЛЬ ТЕХНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В СОЗДАНИИ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ВЕРХНЕГО СТРОЕНИЯ ПУТИ	174
Беляков А.А., Шулепов А.И. МЕТОДИКА ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОЙ СТРАТЕГИИ РАЗМЕЩЕНИЯ ГРУЗОВ	178
Гущин А. В., Белякова Т. А. ДВОИЧНЫЕ СИСТЕМЫ УРАВНЕНИЙ ИСПРАВЛЕНИЯ КОДОВ	183
Гущин А. В., Губачева К. С. ПРОГРАММНЫЙ ПОДБОР ПАРАМЕТРОВ ГЕНЕРАТОРА ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫХ ЧИСЕЛ	187
Дубинина И.Н., Ивашенко А.В., Головнин О.К., Сурнин О.Л. АНАЛИЗ ПАССАЖИРОПОТОКА ПО ДАННЫМ ОТКРЫТЫХ ИСТОЧНИКОВ	191
Денисова А. А., Фатеев В.А. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ КАНАЛОВ УПРАВЛЕНИЯ И СБОРА ДАННЫХ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ ГОРОДСКОГО ОСВЕЩЕНИЯ	195
Никифорова Л.Х. РОЛЬ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ В РЕАЛИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНОЙ СТРАТЕГИИ В РФ	198
Папиrowsкая Л.И., Липатова М.Н. СИСТЕМА РАНЖИРОВАНИЯ СПИСКОВ В АСУ НТИ.....	202
Терехин П.А. ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММ ДЛЯ 3D МОДЕЛИРОВАНИЯ В СФЕРЕ ТРАНСПОРТА.....	206
Папиrowsкая Л.И., Чертыковцева Н.В., Бусаргина К.А. ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС «ПСИХОЛОГИЧЕСКИЙ ПОРТРЕТ СПЕЦИАЛИСТА ОАО «РЖД».....	210
СЕКЦИЯ 5. ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ В ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ	217
Болгов С.А., Болгова Е.В. КОНЦЕПЦИЯ «УМНЫЙ ТРАНСПОРТ» В ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА ЕВРОПЕЙСКОГО СОЮЗА.....	217
Болгова Е.В., Болгов С.А. PRIME-МЕНЕДЖМЕНТ В ИННОВАЦИОННЫХ МЕТОДАХ УПРАВЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРОЙ ЕС.....	219
Додорина И.В., Литовченко В.Б. ВНЕДРЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЛОГИСТИЧЕСКУЮ ОТРАСЛЬ.....	223
Ильичева Ю. А., Лисюкова Е.В. ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ В ОАО «РЖД»	227
Лисюкова Е.В. АНАЛИЗ ЛОГИСТИЧЕСКОГО РЫНКА С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА BUILD-TO-SUIT (BTS)	230
Пацев Ю.П., Денисов Д.А. ТЕХНОЛОГИЯ БЛОКЧЕЙН В ОРГАНИЗАЦИИ КОНТРЕЙЛЕРНЫХ ПЕРЕВОЗОК	233
Хайтбаев В.А., Дорошев С.С СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ И ОЦЕНКА РЕГИОНАЛЬНОЙ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ПРИВОЛЖСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА.....	236

СЕКЦИЯ 1

Автоматизированные системы обработки информации и управления на транспорте

УДК 656.22

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЗАЯВОК НА ПЕРЕВОЗКУ ГРУЗОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ ТРАНСПОРТОМ

Бессмертный А.Е., Додонов М.В.

Самара, Самарский национальный исследовательский университет

Аннотация. Данная статья посвящена теме разработки автоматизированной системы обеспечения заявок на перевозку грузов железнодорожным транспортом с возможностью подбора подвижного состава с минимальным порожним пробегом.

Ключевые слова: автоматизированная система, подвижной состав, заявки, перевозки, железнодорожный транспорт.

AUTOMATED SYSTEM FOR PROCURING REQUESTS FOR CARGO TRANSPORTATION BY RAILWAY TRANSPORT

Bessmertnyi A.E., Dodonov M.V.

Samara, Samara National Research University

Abstract. The article is devoted to the development of an automated system for procuring requests for the carriage of goods by rail with the possibility of selecting rolling stock with a minimum empty mileage.

Key words: automated system, rolling stock, requests, transportation, rail transport.

Перевозка грузов на значительные расстояния на территории Российской Федерации осуществляется, как правило, при помощи железнодорожного транспорта. Выбор железнодорожного транспорта для перевозки грузов обусловлен несколькими факторами, но основополагающим фактором является огромная территория нашей страны, что влечет за собой соответствующие затраты на логистику.

Сами грузоперевозки также имеют параметры, по которым принято определять их эффективность. К числу таких параметров относят: количество перевезенных тонн груза (количество принятого к перевозке груза в тоннах), среднюю дальность перевозок (расстояние, на которое в среднем перемещается одна тонна груза), количество отправок (количество груза, принятого к перевозке по одной накладной) и грузооборот (количество перевезенного груза, умноженное на расстояние, как правило, исчисляется в тоннах на километр) [1].

Подвижной состав для осуществления грузоперевозок также имеет свои особенности, но они связаны в большинстве своем со спецификой вагона, так, принято выделять следующие типы вагонов: цистерна, бункер, крытый вагон, платформа, хоппер, полувагон и др.

Цель работы – разработать автоматизированную систему обеспечения заявок на перевозку грузов железнодорожным транспортом.

Для достижения данной цели были сформулирована следующая постановка задачи: Пользователь системы должен иметь возможность в каждый момент времени просматривать данные о заявках на перевозку и вагонах. При внесении в систему информации о заявке, она должна выдавать информационное сообщение о возможности или же невозможности обеспечения этой заявки подвижным составом, при этом, в случае необходимости, подбор подвижного состава должен осуществляться таким образом, чтобы порожний пробег был минимален.

Вся информация, необходимая для функционирования системы, должна храниться в базе данных, а именно сведения о заявках на перевозку, сведения о подвижном составе, сведения о типах вагонов, сведения о станциях, сведения о маршрутах.

Разрабатываемая система, получив представленные выше сведения, сможет обеспечить необходимый функционал для осуществления грузовых перевозок, а именно система сможет осуществить подбор подвижного состава для обеспечения им имеющихся заявок на перевозку.

Описанные выше особенности грузоперевозок и подвижного состава были учтены в данной системе. Данная система позволяет подбирать вагоны для обеспечения заявок наиболее оптимальным способом. Основным преимуществом данной системы является то, что в случае отсутствия подвижного состава на станции, на которой была размещена заявка, система пытается подобрать для нее вагоны на соседних станциях с минимальным возможным порожним пробегом.

Принцип работы системы следующий: пользователь системы вводит сведения о заявке на перевозку грузов, указывая необходимые параметры, такие как станции отправления и назначения, тип и количество необходимого подвижного состава, а также дату рассмотрения заявки. После этого заявка добавляется в базу данных, и система пытается подобрать подвижной состав для исполнения этой заявки. В случае наличия необходимого типа вагонов в нужном количестве на станции отправления – система ставит в соответствие рассматриваемой заявке данный подвижной состав, «убирая» его из доступного списка вагонов для исполнения других заявок. Если же вагоны необходимого типа отсутствуют на данной станции, то система начинает поиск подвижного состава на соседних станциях, при этом берется в расчет время, необходимое для доставки вагонов на нужную станцию, ведь необходимо успеть перегнать подвижной состав ко времени рассмотрения заявки.

Так как необходимо установить взаимно-однозначное соответствие между вагонами и заявками на перевозку грузов, то важную роль при разработке данной системы играл выбор наиболее корректной математической модели.

Первый возможный подход – статистический. Он основан на использовании всевозможных комбинаций показателей перевозок, используемых в настоящее время на железнодорожном транспорте. Выбор показателей никак не ограничен, что делает данный подход достаточно гибким. В качестве параметров чаще всего используются параметры грузоперевозок, описанные ранее, это обусловлено тем, что на текущий момент времени собственниками вагонного парка являются частные лица и транспортные компании, для которых очень важна прибыль и денежная составляющая в принципе. При статистическом подходе также стоит помнить, что он учитывает техническое состояние и эксплуатационные характеристики подвижного состава. Данный подход сводится к транспортной задаче линейного программирования.

Суть данной задачи состоит в минимизации транспортных расходов при определенных ограничениях. Данную задачу можно рассматривать как задачу об оптимальном плане перевозок грузов из пунктов отправления в пункты потребления, с минимальными затратами на перевозки. Транспортная задача – задача линейного программирования, ее можно решить с использованием метода последовательного улучшения плана или метода последовательного уточнения оценок [2]. Но в данном случае возникает трудность, связанная с числом переменных задачи ($m * n$) и числом ограничений ($m + n$), в результате находят применение специальные алгоритмы построения опорного плана, к которым относятся метод потенциалов и венгерский метод. При данном подходе модель становится слишком абстрактной, в большинстве случаев необходимо использовать историю уже проведенных перевозок. Данный подход невыгоден владельцам подвижного состава, так как в силу абстрактности не учитывает заявки, как основной фактор.

Второй возможный подход – графовый. Его суть достаточно проста: строится граф – аналог железнодорожной сети. Вершины графа представляют собой станции и соединяются между собой ребрами – железнодорожными путями. Ребра могут иметь различную стоимость. В силу того, что путь из пункта «А» в пункт «В» не всегда равен пути из пункта «В» в пункт «А», то

разным направлениям поставлены в соответствие различные весовые коэффициенты. И задача сводится к нахождению путей в графе, причем путей с минимальными стоимостями [3]. Данная задача имеет несколько алгоритмов решения, среди самых популярных стоит выделить такие алгоритмы, как алгоритм Форда-Беллмана, алгоритм Дейкстры и алгоритм Флойда-Уоршелла. При разработке системы использовался алгоритм Форда-Беллмана, так как он считается немногим эффективнее других алгоритмов (по скорости вычислений и затратам памяти вычислительной машины).

Но одного такого алгоритма недостаточно, необходим также алгоритм обхода графа в ширину – он позволяет искать подвижной состав на соседних станциях. Данный алгоритм совместно с одним из трех алгоритмов, описанных выше и представляет собой одну из возможных математических моделей. Как мы видим, данную модель легко интерпретировать под задачу, к тому же она достаточно проста в понимании, именно поэтому был сделан выбор в пользу данной модели.

Данная система разработана на языке Java. Данный выбор был обусловлен тем, что Java является одним из наиболее популярных в мире языков программирования, именно на ней написано множество программ и программного обеспечения для различных устройств.

В качестве СУБД была выбрана MariaDB, являющаяся дочерним продуктом MySQL, но в отличие от MySQL она более легковесна и оптимизирована, а также выигрывает в производительности.

На основе описанного данную систему можно представить при помощи схемы, представленной на рисунке 1.

Проект логической модели базы данных представлен на рисунке 2.

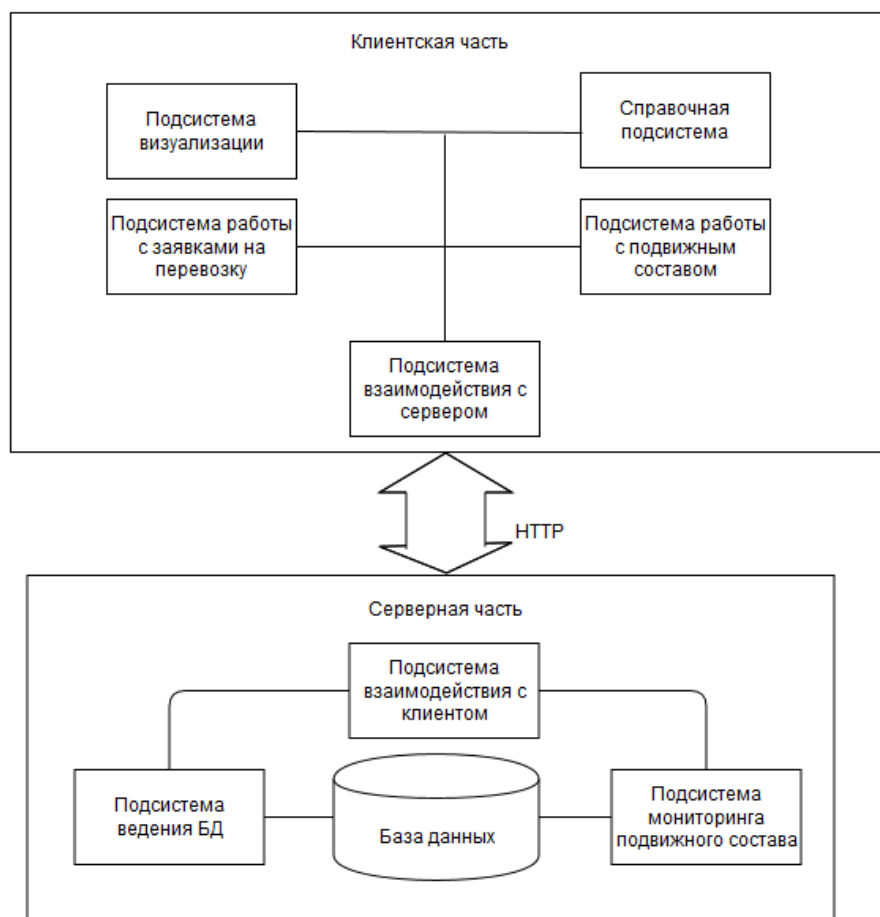


Рис. 1. Структурная схема системы

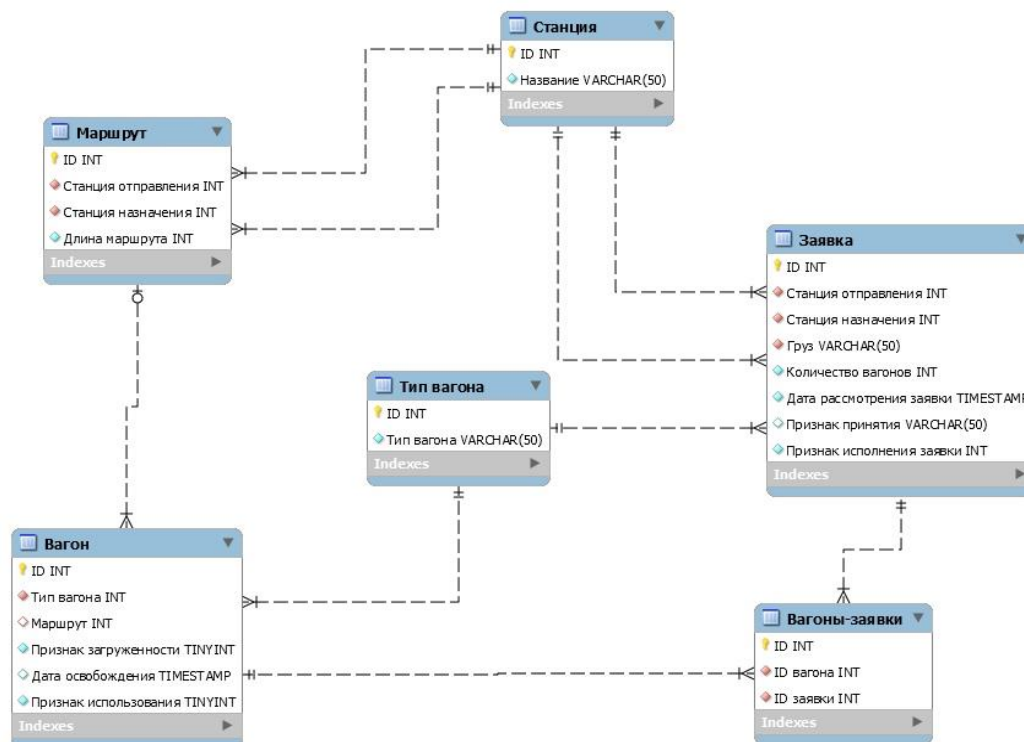


Рис. 2. Логическая модель базы данных

Рассматриваемая система не имеет на настоящий момент используемых промышленных аналогов, некоторая часть ее функций реализована в программе «ДИСПАРК», некоторая – в «СИРИУСе». Разработанная система может быть полезна как владельцам подвижного состава, так и частным лицам или компаниям, которым необходимо перевозить грузы по территории нашей страны.

Таким образом, данная система должна стать кроссплатформенным приложением, которое будет помогать пользователю осуществлять подбор подвижного состава для обеспечения им заявок на перевозку грузов.

Список литературы

1. Планирование грузовых перевозок на железнодорожном транспорте [Электронный ресурс]. URL: https://studopedia.ru/8_57330_na-zheleznodorozhnom-transporte.html (дата обращения: 07.12.2021).
2. Транспортная задача [Электронный ресурс]. URL: <https://matecos.ru/mat/matematika/kak-reshit-transportnuyu-zadachu-2.html> (дата обращения: 10.12.2021).
3. Базовые алгоритмы нахождения кратчайших путей во взвешенных графах [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/post/119158/> (дата обращения: 20.12.2021).

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОЛНОТЕКСТОВОГО ПОИСКА ПО ПРЕВЬЮ В НОВОСТНОЙ ЛЕНТЕ

Голова А.А., Сопченко Е.В.

Самара, Самарский национальный исследовательский университет

Аннотация. Полнотекстовый поиск — это комплексный метод поиска, который сравнивает каждое слово поискового запроса с каждым словом в документе или базе данных. Полнотекстовый поиск может быть полезен, когда нужно искать имя человека в списке или базе данных, слово или фразу в документе, веб-страницу в Интернете, товары в интернет-магазине или регулярное выражение. В данной статье будет рассмотрена система, которая осуществляет полнотекстовый поиск при помощи технологии Elasticsearch.

Ключевые слова: автоматизированная система, полнотекстовый поиск, новостная лента

DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED FULL-TEXT SEARCH SYSTEM FOR PREVIEWS IN THE NEWS FEED

Golova A.A., Sopchenko E.V.

Samara, Samara National Research University

Abstract. Full-text search is a comprehensive search method that compares every word of a search query with every word in a document or database. Full-text search can be useful when you need to search for a person's name in a list or database, a word or phrase in a document, a web page on the Internet, products in an online store, or a regular expression. This article will consider a system that performs full-text search using Elasticsearch technology.

Keywords: automated system, full-text search, news feed

Полнотекстовый поиск — это комплексный метод поиска, который сравнивает каждое слово поискового запроса с каждым словом в документе или базе данных. Поисковые машины и программное обеспечение для редактирования документов широко используют технику полнотекстового поиска в функциях поиска в текстовой базе данных, хранящейся в сети или на локальном диске компьютера. Он позволяет пользователю найти слово или фразу в любом месте базы данных или документа.

Базовая единица полнотекстового поиска часто называется токеном, а не словом. Токен — более точный термин: в западных языках токены обычно сопоставляются со словами, хотя некоторые поисковые системы считают некоторые фразы, части слов и, возможно, знаки препинания токенами. Во многих не западных языках (особенно в тех, где пробелы не используются для разделения значимых строк) не существует четкой концепции слова, и полнотекстовый движок должен принимать трудные решения о том, где провести границы токена (или как иначе получить токены из фрагмента текста).

При полнотекстовом поиске обычно предполагается, что совпадение будет нечувствительным к регистру. В запросах на подстроки сопоставление обычно чувствительно к регистру (в зависимости от используемого сопоставления), поэтому искомый текст должен соответствовать регистру поискового запроса.

Полнотекстовый поиск может быть полезен, когда нужно искать имя человека в списке или базе данных, слово или фразу в документе, веб-страницу в Интернете, товары в интернет-магазине или регулярное выражение.

Разрабатываемая система реализована в виде веб-приложения и построена по клиент-серверной архитектуре, на серверной части расположена база данных (рисунок 1), в которой хранятся все данные о rss-лентах, новостях, а также хранятся новости в формате xslt, на клиентской части расположена вся логика программы.

Сервис будет получать информацию с добавленных rss-лент каждый час. Если появилась новая информация, то выполняется преобразование в объект для хранения с помощью xslt-преобразований и сохраняется в Elasticsearch.

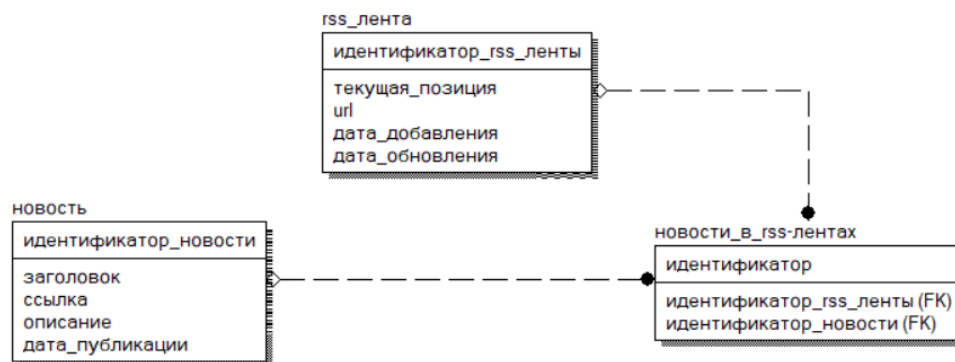


Рис. 1. Логическая схема базы данных

Для пользователя доступны следующие функции:

- а) возможность просмотра rss-лент;
- б) возможность включения/отключения rss-ленты;
- в) возможность поиска новостей по имени и описанию;
- г) возможность добавлять/удалять rss-ленты.

Для реализации полнотекстового поиска будет использоваться технология Elasticsearch.

Elasticsearch — тиражируемая свободная программная поисковая система, по состоянию на середину 2010-х годов — самая популярная в своей категории. Написана на Java, распространяется по лицензии SSPL (англ. Server Side Public License), в основе использует библиотеку Lucene (так же как и вторая по популярности поисковая система — Solr), официальные клиенты доступны на PHP, Java, .NET (C#), Python, Groovy и ряде других языков [1].

Документы являются основной единицей информации, которую можно проиндексировать в Elasticsearch, выраженную в JSON, который является глобальным форматом обмена данными в Интернете. Можно представлять документ как строку в реляционной базе данных, представляющей заданный объект (то, что ищется). В Elasticsearch документ может быть не просто текстом, это могут быть любые структурированные данные, закодированные в JSON. Эти данные могут быть числами, строками и датами. Каждый документ имеет уникальный идентификатор и заданный тип данных, который описывает, что это за объект. Например, документ может представлять собой статью энциклопедии или записи журнала с веб-сервера.

Индексом называют набор документов со схожими характеристиками. Индекс — это сущность самого высокого уровня, которую можно запрашивать в Elasticsearch. Можно думать об индексе как о подобии базы данных в схеме реляционной базы данных. Любые документы в указателе обычно логически связаны. Индекс идентифицируется по имени, которое используется для ссылки на индекс при выполнении операций индексирования, поиска, обновления и удаления для документов в нем [2].

Индекс в Elasticsearch является инвертированным индексом, который представляет собой механизм, с помощью которого работают все поисковые системы. Это структура данных, которая хранит сопоставление содержимого, такого как слова или числа, с его местоположениями в документе или наборе документов. По сути, это структура данных, подобная хэш-карте, которая направляет от слова к документу. Инвертированный индекс не хранит строки напрямую, а вместо этого разбивает каждый документ на отдельные условия поиска (то есть каждое слово), а затем сопоставляет каждый термин поиска с документами, в которых встречаются эти условия поиска. Например, на рисунке 2 термин «best» встречается в документе 2, поэтому он сопоставлен с этим документом. Это позволяет быстро найти условия поиска в данном документе. Используя распределенные инвертированные индексы, Elasticsearch быстро находит наилучшие совпадения для полнотекстового поиска даже из очень больших наборов данных.

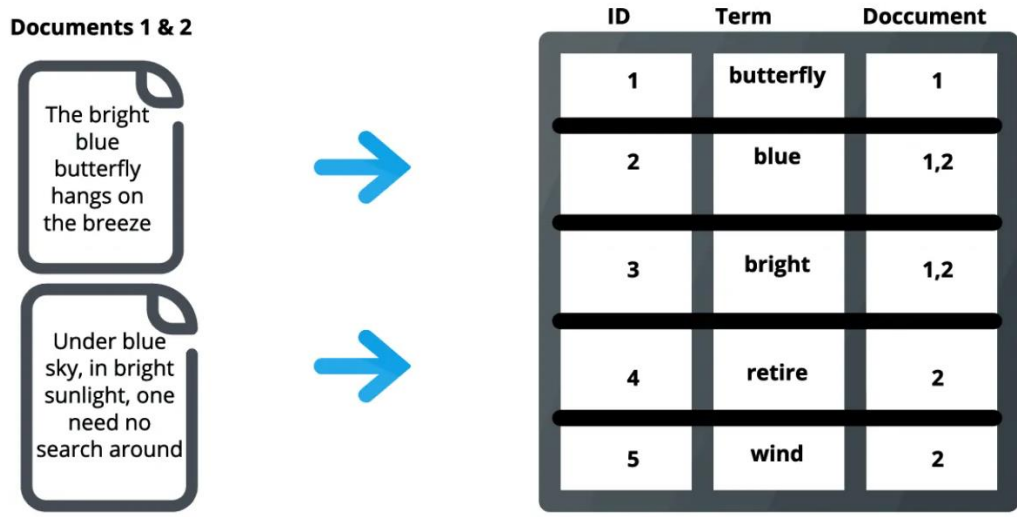


Рис. 2. Визуальное представление перевернутого индекса

В данной системе предусмотрена возможность просмотра всех записанных в Elasticsearch объектах, реализован полнотекстовый поиск по названию и описанию, имеется возможность поиска по названию статьи.

Для реализации полнотекстового поиска по названию и описанию новости необходимо было написать метод, состоящий из нескольких шагов.

Для того, чтобы поиск выполнялся именно используя эти поля, необходимо при создании elasticsearch-документа пометить эти поля аннотацией @Field(type = FieldType.Keyword).

Пример документа:

```

@Document(indexName = "index")
@Data
public class NewsDocument {
    @Id
    private String id;

    @Field(type = FieldType.Keyword, name = "title")
    private String title;

    @Field(type = FieldType.Text, name = "link")
    private String link;

    @Field(type = FieldType.Keyword, name = "description")
    private String description;

    @Field(type = FieldType.Date_Range, name = "pubDate", format = DateFormat.date)
    private String pubDate;
}

```

В таблице 1 представлены результаты выполнения запроса.

Результат выполнения запроса поиска новостей по заголовку
или описанию, содержащих заданный параметр

Заданный параметр	Результат выполнения запроса
Фигуристка	<pre>[{ "id": "Pk1UVH4BqfG2IcTULzzO", "title": "Трусова упала с тройного акселя в короткой программе на чемпионате Европы", "link": "https://yandex.ru/news/story/Trusova_upala_strojnego_akselya_vkorotkoj_programme_nachempionate_Evropy--f8c64f422b9e6d24c6a5b4aca836da0b?lang=ru", "description": "Российская фигуристка Александра Трусова представила короткую программу на чемпионате Европы в Таллине.", "pubDate": "13 Jan 2022 14:23:00 +0000" }, { "id": "6UIRVH4BqfG2IcTULTs4", "title": "Французская судья поставила Щербакову на 10-е место в короткой программе на ЧЕ", "link": "https://yandex.ru/news/story/Francuzskaya_sudya_postavila_SHHerbakovu_na10-e_mesto_vkorotkoj_programme_naCHE--874bab14c275eb402f052bbcc3b267df?l", "description": "Судья Вероник Веррю поставила фигуристке Анне Щербаковой лишь 62,23 балла за короткую программу на чемпионате Европы. Француженка отвела россиянке лишь 10-е место, поставив её ниже своей соотечественницы Леа Серна (63,70), которая в итоге стала 10-й. Щербакова заняла четвёртое место.", "pubDate": "13 Jan 2022 15:41:27 +0000" }]</pre>

```
QueryBuilder queryBuilder =
    multiMatchQuery(query, "title", "description")
        .fuzziness(Fuzziness.AUTO).operator(Operator.AND);

Query searchQuery = new NativeSearchQueryBuilder()
    .withFilter(queryBuilder)
    .build();
SearchHits<NewsDocument> newsHits =
    elasticSearchOperations
        .search(searchQuery, NewsDocument.class,
            IndexCoordinates.of(NEWS_INDEX));
List<NewsDocument> newsMatches = new ArrayList<NewsDocument>();
newsHits.forEach(srchHit -> {
    newsMatches.add(srchHit.getContent());
});
return newsMatches;
}
```

Для реализации поиска по названию использовался встроенный метод Java. Данный метод, обращаясь к Elasticsearch выводит только те новости, у которых заголовок содержит заданное слово в запросе.

```
public Page<NewsDocument> getNewsByTittle(final String tittle, final PageRequest pageRequest) {
    return repository.findByTittle(tittle, pageRequest);
}
```

В таблице 2 представлены результаты выполнения запроса.

Таблица 2

Результат выполнения запроса поиска новостей по заголовку, содержащему заданный параметр

Заданный параметр	Результат выполнения запроса
Джоан Роулинг	<pre>{ "content": [{ "id": "UWg2bn4Vx8RCK13A0HQU", "tittle": "Руперт Гринт назвал Джоан Роулинг тетушкой", "link": "https://lenta.ru/news/2022/01/18/grint/", "description": "\n ", "pubDate": "Tue, 18 Jan 2022 20:18:57 +0300" }], "pageable": { "sort": { "unsorted": true, "sorted": false, "empty": true }, "offset": 0, "pageSize": 20, "pageNumber": 0, "unpaged": false, "paged": true }, "aggregations": null, "scrollId": null, "maxScore": 6.311877, "totalPages": 1, "totalElements": 1, "number": 0, "size": 20, "sort": { "unsorted": true, "sorted": false, "empty": true }, "numberOfElements": 1, "last": true, "first": true, "empty": false }</pre>

По умолчанию поиск возвращает 10 лучших совпадений. Чтобы просмотреть больший набор результатов, можно воспользоваться параметрами API поиска `from` и `size`. Параметр `from` определяет количество пропущенных попаданий, по умолчанию равно 0. Параметр `size` – это максимальное количество возвращаемых попаданий. Вместе эти два параметра определяют страницу результатов.

Для того, чтобы задать нужные параметры, необходимо использовать класс `PageRequest`.

Пример использования `PageRequest`:

```
@ResponseBody
@RequestMapping(value = "/news/{title}", method = RequestMethod.GET)
public Page<NewsDocument> getByTitle(@PathVariable("title") final String title) {
    return newsElasticInterface.getNewsByTitle(title, PageRequest.of(0, 20));
}
```

Список литературы

1. Elasticsearch [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Elasticsearch> (дата обращения: 07.09.2021).
2. Основы Elasticsearch [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/post/280488/> (дата обращения: 07.09.2021).

УДК 004.67

РЕКУРРЕНТНЫЕ АЛГОРИТМЫ ВЫЧИСЛЕНИЯ ИНТЕГРАЛА И ДИФФЕРЕНЦИАЛА НЕЦЕЛОГО ПОРЯДКА

Жалилова А. А., Авсиевич А.В.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. В работе рассмотрены разные рекуррентные алгоритмы вычисления интеграла и дифференциала нецелого порядка, которые можно применять для моделирования систем и объектов разной сложности, а также в контролерах для предварительной обработки информации или управления техническими объектами.

Ключевые слова: интеграл нецелого порядка, дифференциал нецелого порядка, рекуррентный алгоритм.

RECURRENT ALGORITHMS FOR CALCULATING THE INTEGRAL AND DIFFERENTIAL OF NON-INTEGER ORDER

Zhalilova A.A., Avsievich A.V.

Samara, Samara State Transport University

Abstract. The paper considers various recurrent algorithms for calculating the integral and differential of non-integer order, which can be used for modeling systems and objects of varying complexity, as well as in controllers for pre-processing information or controls technical objects.

Keywords: PID controller, PID controller real-order, recurrent algorithm

В настоящее время большое количество работ публикуется в российских и зарубежных изданиях о применении в различных направлениях науки и техники интегралов и дифференциалов дробного порядка [1], но данный термин не отражает все целостности и вносит заблуждение, так как само понятие дробный ассоциируется с рациональным числом. Поэтому в ра-

боте будем использовать термины интеграл и дифференциал нецелого порядка, как отражающего полную суть данных операторов. Перспективы развития рассматриваемых в работе алгоритмов с целью моделирования систем автоматического управления, рассмотренных в работе [2].

Рассмотрим методы численного вычисления интегралов 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} .

В работе [3] предложены численные вычисления дробного интеграла нецелого порядка (1) методом прямоугольников

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

и методом трапеций

$$I^{\alpha} f(t) \approx \frac{h^{\alpha}}{2\Gamma(\alpha)} \sum_{i=1}^n \frac{f_i + f_{i+1}}{(n-i+1)^{1-\alpha}}. \quad (4)$$

В работе (4) приведены выражения для вычисления дробного интеграла (1) методом Грюнвальда — Летникова

$$I^{\alpha} \approx \frac{h^{\alpha}}{\Gamma(\alpha)} \sum_{i=0}^{n-1} \frac{\Gamma(i+\alpha)}{\Gamma(i+1)} f_{n-i}, \quad (5)$$

и дифференциала (2)

$$D^{\beta} \approx \frac{1}{h^{\beta} \Gamma(-\beta)} \sum_{i=0}^{n-1} \frac{\Gamma(i-\beta)}{\Gamma(i+1)} f_{n-i}. \quad (6)$$

Вычисление на ЭВМ численных значений интегралов и дифференциалов нецелого порядка весьма затруднительно для прямых расчетов в динамических системах по представленным выражением (3,4,5,6), так как поступление нового значения увеличивает длину вектор n до $n+1$, 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 приведённых 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

$$u_n = u_{n-1} + \Delta u_n. \quad (7)$$

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) не удобно, 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:

для выражения (3)

$$I^\alpha \approx \frac{h^\alpha}{\Gamma(\alpha)} \sum_{i=1}^n i^{\alpha-1} f_{n-i}, \quad (8)$$

для выражения (4)

$$I^\alpha \approx \frac{h^\alpha}{2\Gamma(\alpha)} \sum_{i=1}^n i^{\alpha-1} (f_{n-i+1} + f_{n-i}). \quad (9)$$

Рассмотрим рекуррентный алгоритм с аппроксимацией интеграла нецелого порядка методом прямоугольников (8). В связи с чем выражение (7) представим следующим образом

$$I_n^\alpha = I_{n-1}^\alpha + \Delta I_n^\alpha. \quad (10)$$

Откуда

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

$$I_{n-1}^\alpha = \frac{h^\alpha}{\Gamma(\alpha)} \sum_{i=2}^n (i-1)^{\alpha-1} f_{n-i}.$$

В результате разность между предыдущим и настоящими значениями интеграла исходя из (10) будет

$$\Delta I_n^\alpha = I_n^\alpha - I_{n-1}^\alpha = \frac{h^\alpha}{\Gamma(\alpha)} f_{n-1} + \frac{h^\alpha}{\Gamma(\alpha)} \sum_{i=2}^n (i^{\alpha-1} - (i-1)^{\alpha-1}) f_{n-i}.$$

Тогда рекуррентный алгоритм вычисления интеграла методом прямоугольников с нецелым показателем примет вид

$$I_n^\alpha = I_{n-1}^\alpha + \frac{h^\alpha}{\Gamma(\alpha)} f_{n-1} + \varepsilon(n), \quad (11)$$

где

$$\varepsilon(n) = \frac{h^\alpha}{\Gamma(\alpha)} \sum_{i=2}^n (i^{\alpha-1} - (i-1)^{\alpha-1}) f_{n-i}.$$

В полученном рекуррентном алгоритме (11) имеется уточняющий член $\varepsilon(n)$ который характеризует «память процесса», чем дальше от последнего значения суммы значения функции, тем меньше её вклад в конечную сумму, то есть, чем дальше значение функции удаляется от начала при вычислении, то больше она «забывается». Убывание значения коэффициента $(i^{\alpha-1} - (i-1)^{\alpha-1})$ в сумме приведено на рисунке 1, из которого видно, при $n > 20$ уже значения мало отличимые от нуля и вычисление суммы можно останавливать при достижении определенной погрешности вычисления.

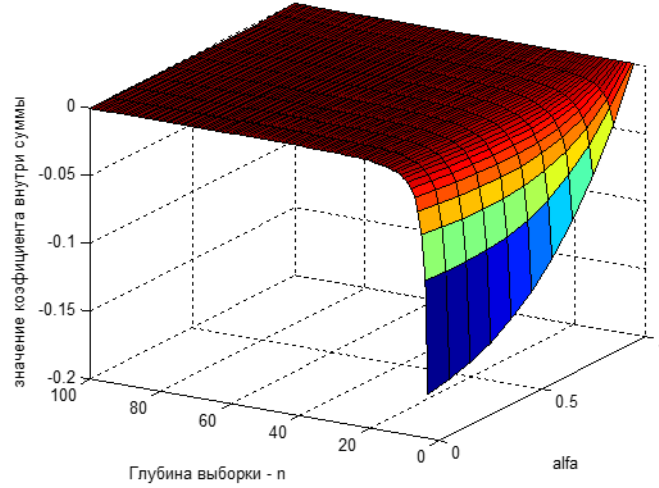


Рис. 1. Изменение коэффициента суммы $(n^{\alpha-1} - (n-1)^{\alpha-1})$ от n и альфа

Рассмотрим рекуррентный алгоритм вычисления интеграла нецелого порядка методом трапеций по выражению (9). Определим значения I_n^α и I_{n-1}^α для выражения (10)

$$I_n^\alpha = \frac{h^\alpha}{2\Gamma(\alpha)} \sum_{i=1}^n i^{\alpha-1} (f_{n-i+1} + f_{n-i}),$$

$$I_{n-1}^\alpha = \frac{h^\alpha}{2\Gamma(\alpha)} \sum_{i=2}^n (i-1)^{\alpha-1} (f_{n-i+1} + f_{n-i}).$$

Тогда приращение будет

$$\Delta I_n^\alpha = I_n^\alpha - I_{n-1}^\alpha = \frac{h^\alpha}{2\Gamma(\alpha)} (f_n + f_{n-1}) + \frac{h^\alpha}{2\Gamma(\alpha)} \sum_{i=2}^n (i^{\alpha-1} - (i-1)^{\alpha-1}) (f_{n-i+1} + f_{n-i}).$$

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

$$I_n^\alpha = I_{n-1}^\alpha + \frac{h^\alpha}{2\Gamma(\alpha)} (f_n + f_{n-1}) + \varepsilon(n), \quad (12)$$

где

$$\varepsilon(n) = \frac{h^\alpha}{2\Gamma(\alpha)} \sum_{i=2}^n (i^{\alpha-1} - (i-1)^{\alpha-1}) (f_{n-i+1} + f_{n-i}).$$

Как видно из выражений (11) и (12) сходжение коэффициента $(i^{\alpha-1} - (i-1)^{\alpha-1})$ в суммах уточняющего член $\varepsilon(n)$ одинаковые.

Рассмотрим рекуррентный алгоритм с аппроксимацией интеграла нецелого порядка методом Грюнвальда — Летникова (5).

Определим значения I_n^α и I_{n-1}^α для выражения (10)

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

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

Как следует из (10) 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

$$I_n^\alpha = I_{n-1}^\alpha + f_n h^\alpha + \varepsilon(n), \quad (13)$$

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 (13) 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 2, что значения указанного коэффициента уже при значениях при $n > 20$ мало отличен от нуля.

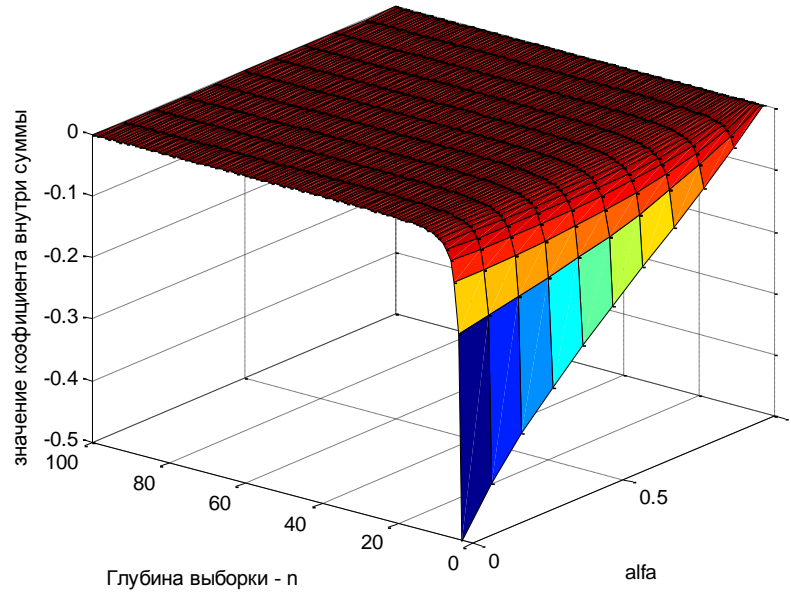


Рис. 2. Изменение коэффициента суммы $\frac{\Gamma(n+\alpha)}{\Gamma(n+1)} - \frac{\Gamma(n+\alpha-1)}{\Gamma(n)}$ от n и альфа

Рассмотрим рекуррентный алгоритм с аппроксимацией дифференциала нецелого порядка методом Грюнвальда — Летникова (5).

Определим значения D_n^β и D_{n-1}^β в соответствии с выражением (6), 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 (10) 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

$$D_n^\beta = D_{n-1}^\beta + f_n h^{-\beta} + \varepsilon(n), \quad (14)$$

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 3, из которого видно, что значение разности $\frac{\Gamma(i-\beta)}{\Gamma(i+1)} - \frac{\Gamma(i-\beta-1)}{\Gamma(i)}$ резко стремится к нулю.

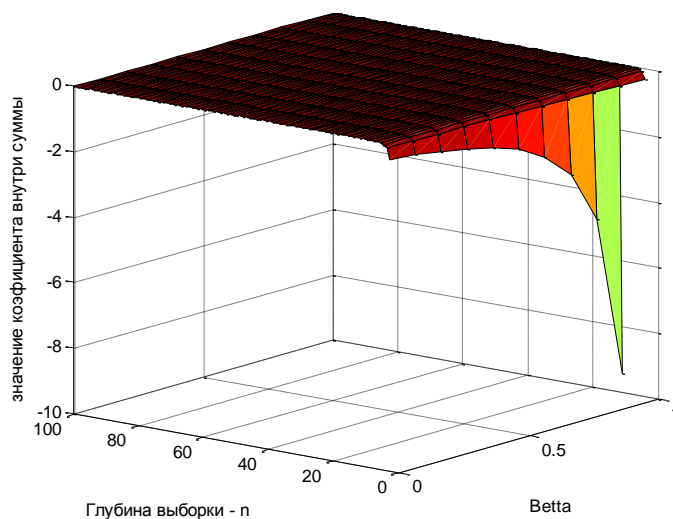


Рис. 3. Изменение коэффициента $\frac{\Gamma(n-\beta)}{\Gamma(n+1)} - \frac{\Gamma(n-\beta-1)}{\Gamma(n)}$ суммы от n и показателя дифференцирования β

Вывод

Вследствие проведенной работы получено четыре рекуррентных алгоритма. Три из которых находят численное значение интеграла методами прямоугольника (11), трапеции (12) и методом Грюнвальда — Летникова (13). Четвертый рекуррентный алгоритм позволяет вычислять численное значение дифференциала (14). Разнообразие приведенных алгоритмов вызвано разными способами вычисления интегралов и дифференциалов нецелого порядка, отличающихся между собой точностью и сложностью вычисления. Исходя из противоречия «точности» и «сложности» алгоритмов вычисления определяется его быстроедействие, чем точнее алгоритм, тем он сложнее в вычислении, тем больше времени и ресурсов он требует на вычисление и, наоборот, вследствие увеличения быстрогодействия падает точность.

Представленные алгоритмы можно применять для моделирования систем и объектов разной сложности, а также в контролерах для предварительной обработки информации или управления техническими объектами.

Список литературы

1. Самко С.Г., Килбас А.А., Марычев О.И. Интегралы и производные дробного порядка и некоторые их приложения // Минск: Наука и техника, 1987. – 688 с.
2. Авсиевич А.В. Перспективы развития математических моделей систем автоматического управления нецелого порядка // Вестник СамГУПС, - Самара: СамГУПС, 2020. – Вып. № 2 (48). – С. 89 – 93.
3. Авсиевич А.В., Авсиевич А.В. Алгоритм численного дробного ПИД-регулирования // Четвертая международная конференция по проблемам управления (26–30 января

- 2009 года): Сборник трудов – М.: Учреждение Российской академии наук Институт проблем управления имени В.А. Трапезникова РАН, 2009. – С. 164–168.
4. Oldham Keith B., Spanier Jerome. The Fractional Calculus (Theory and Applications of Differentiation and integration to Arbitrary Order). N.Y., London: Academic Press, 1974. – 233 h.

УДК 004.94

АДАПТИВНЫЙ ПОДАВИТЕЛЬ КОРРЕЛИРОВАННЫХ ПОМЕХ В ПРЕРЫВИСТЫХ СИГНАЛАХ

Засов В.А., Мельников П.А.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. В работе предлагается адаптивный подавитель коррелированных помех в прерывистых сигналах, в котором за счет использования при адаптации весовых коэффициентов адаптивного фильтра, рассчитанных только внутри пауз сигнала, достигается увеличение коэффициент подавления помехи.

Ключевые слова: адаптивный, подавитель, помехи, пауза, сигнал, интервал адаптации, пороговое значение

ADAPTIVE SUPPRESSOR OF CORRELATED INTERFERENCE IN INTERMITTENT SIGNALS

Zasov V.A., Melnikov P.A.

Samara, Samara State Transport University

Abstract. The paper proposes an adaptive suppressor of correlated interference in intermittent signals, in which, due to the use of adaptive filter weighting coefficients calculated only inside the signal pauses, an increase in the interference suppression coefficient is achieved.

Key words: adaptive, suppressor, interference, pause, signal, adaptation interval, threshold value

Автоматическое управление объектами и процессами в значительной мере основано на измерении параметров состояния объектов и процессов. Эти параметры часто определяются косвенно по параметрам сигналов, возникающих при работе объектов управления. Очевидно, что искажение сигналов помехами приводит к погрешностям определения параметров состояния и, соответственно, к ошибкам управления.

Эффективными средствами подавления помех с изменяющимися характеристиками являются адаптивные фильтры, однако классические адаптивные фильтры [1-4] не позволяют подавлять коррелированные с полезными сигналами помехи. В [5] предложены адаптивные подавители помех (АПП), в которых адаптация производится только в паузах. Такие АПП [5] имеют малый коэффициент μ подавления помехи, который определяется следующим образом:

$$\mu = \frac{\rho_{\text{вых}}}{\rho_{\text{вх}}}, \text{ где } \rho_{\text{вх}} = \frac{G_n(\xi_{\text{вх}})}{G_n(s_{\text{вх}})}, \rho_{\text{вых}} = \frac{G_n(\xi_{\text{вых}})}{G_n(s_{\text{вых}})}, G_n(\xi_{\text{вх}}), G_n(s_{\text{вх}}), G_n(\xi_{\text{вых}}), G_n(s_{\text{вых}}) - \text{средние}$$

нормированные мощности полезного сигнала $\xi_{\text{вх}}, \xi_{\text{вых}}$ и помехи $s_{\text{вх}}, s_{\text{вых}}$ на входе и выходе АПП.

Малый коэффициент μ подавления помехи получается из-а неправильного определения интервала адаптации.

Интервал адаптации должен находиться внутри паузы сигнала. В действительности, интервал адаптации захватывает начальную часть сигнала, что приводит к ошибкам вычисления коэффициентов адаптивного фильтра.

Описываемая ситуация эквивалентна частичному проникновению на опорный вход АПП полезного сигнала. Поэтому на сигнальном входе АПП подавляется не только помеха, но и частично полезный сигнал, что уменьшает эффективность подавления помех.

Эффективность подавления помехи в известных АПП [5] также уменьшается, когда интервал адаптации короткий и недостаточен для расчета коэффициентов адаптивного фильтра.

Целью работы является разработка АПП, позволяющего по сравнению с известными устройствами увеличить коэффициент μ подавления коррелированных помех в прерывистых сигналах.

В работе предлагается адаптивный подавитель коррелированных помех в прерывистых сигналах, позволяющий увеличить коэффициент μ подавления помехи за счет вычисления коэффициентов адаптивного фильтра только внутри пауз сигнала [6].

На рис. 1 приведена структурная схема предлагаемого АПП.

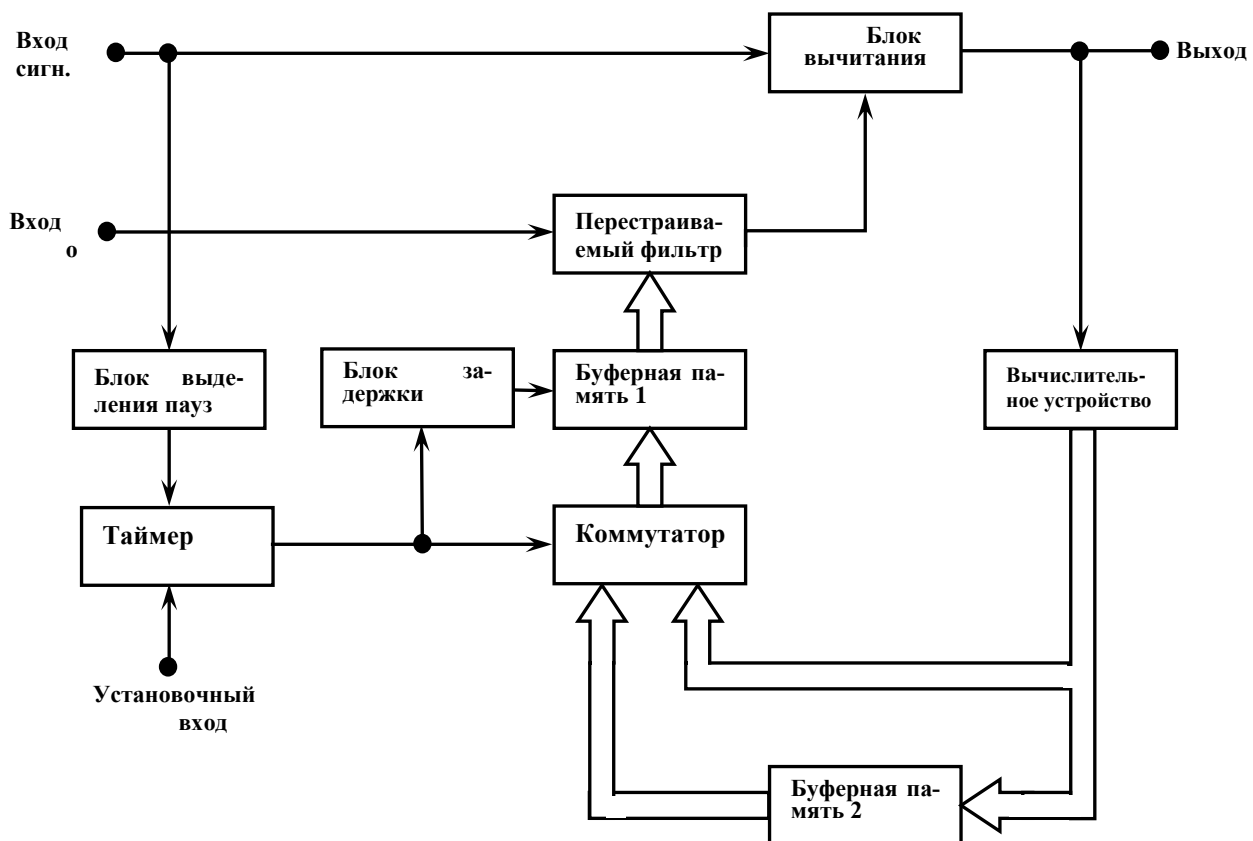


Рис. 1. Структурная схема адаптивного подавителя коррелированных помех в прерывистых сигналах

На сигнальный вход АПП поступает подлежащий обработке принимаемый входной сигнал - аддитивная смесь полезного сигнала ξ_{ex} и помехи s_{ex} . Эти сигналы поступают от двух источников - источника полезного сигнала ξ_u и источника помехи s_u .

На опорный вход АПП адаптивного компенсатора поступает от источника помехи s_u сигнал помехи $s_{ex.op}$, коррелированный с полезным сигналом ξ_{ex} .

Для обеспечения работоспособности АПП необходимо выполнение условия стационарности или квазистационарности сигнала s_u помехи.

На выход АПП поступает сигнал $\xi_{вых}$, в котором помехи подавлены.

Минимальное значение длительности паузы $t_{мин.пауза}$ задается на установочном входе таймера.

Таймер формирует сигналы пауз на выходе, когда длительности входных пауз больше времени, заданном на установочном входе.

Из буферной памяти 2 выбираются коэффициенты, вычисленные ранее начала переходного процесса из паузы в сигнал, т.е. строго внутри паузы сигнала ξ_{ex} [6].

На рис. 2 приведены результаты компьютерного моделирования средствами программного комплекса ПКМ РВС [7] на базе Matlab подавления помех в прерывистых сигналах предлагаемым АПП, где последовательно сверху вниз представлены:

а) осциллограмма входного сигнала ξ_{ex} АПП;

б) осциллограмма входного сигнала, ξ_{ex} на который воздействуют помехи s_{ex} ;

в, г) результат адаптивного подавления помех когда интервал адаптации захватывает начало сигнала;

д, е) результат адаптивного подавления помех предлагаемым АПП, когда интервал адаптации сформирован внутри паузы сигнала.

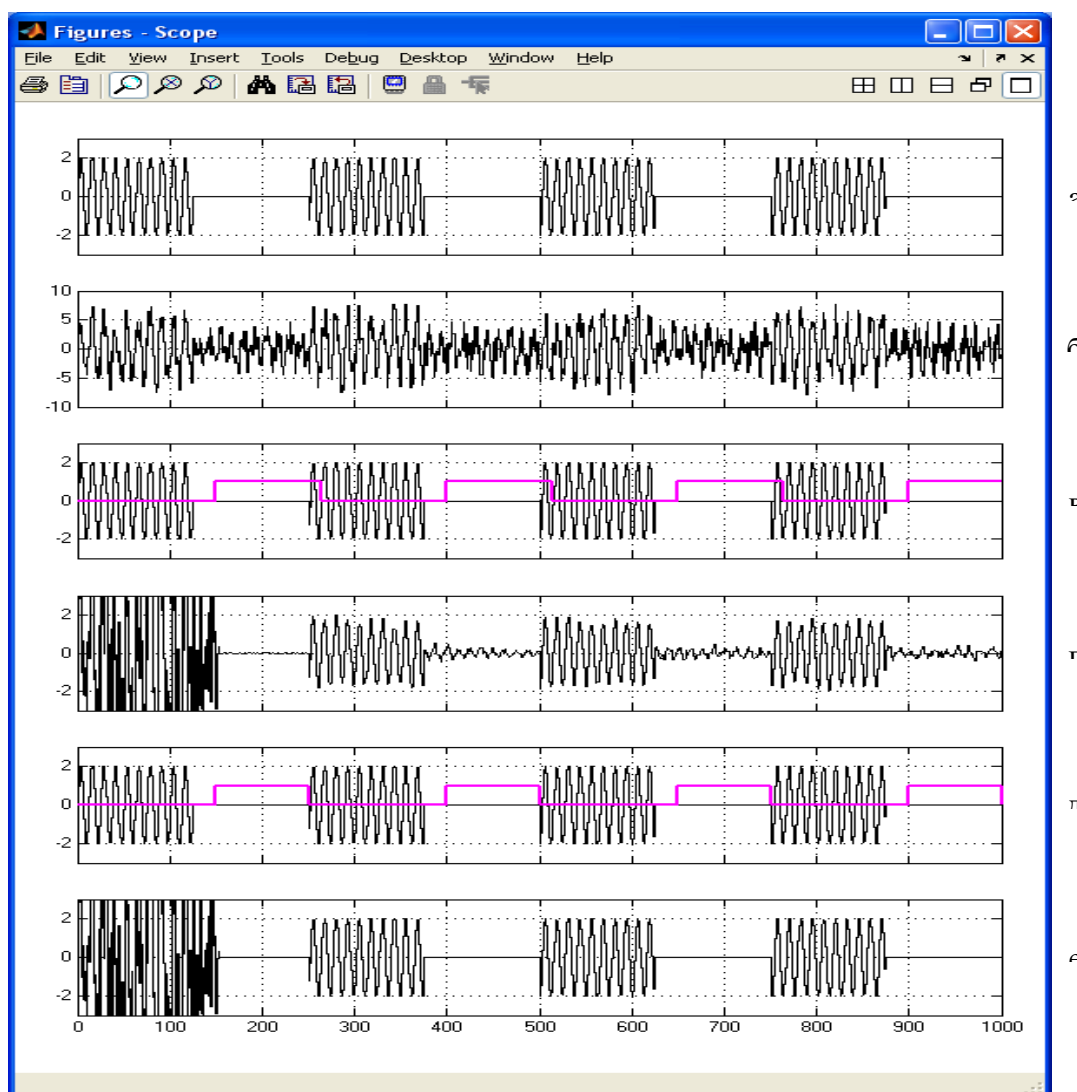


Рис. 2. Результаты компьютерного моделирования на ПКМ РВС подавления помех в прерывистых сигналах предлагаемым АПП

Результаты моделирования на ПКМ РВС [7] демонстрируют существенное, в несколько раз, увеличение коэффициента μ подавления помехи.

Таким образом, рассмотренная отличительная особенность алгоритма настройки предлагаемого АПП [6] обеспечивает уменьшение погрешности вычисления весов перестраиваемого фильтра, что позволяет увеличить коэффициент μ подавления помехи, точность измерения сигналов, их помехоустойчивость, надежность и достоверность принятия решений в системах обработки информации.

Список литературы

1. Widrow B., Stearns S. Adaptive signal processing. Prentice Hall, 1989.—440 p.
2. Haykin, S. Adaptive filter theory (4-th ed.). Prentice Hall, 2001. —936 p.
3. Джиган В.И. Адаптивная фильтрация сигналов: Теория и алгоритмы. М.: Техносфера, 2013.—528 с.
4. Сергиенко А. Б. Цифровая обработка сигналов (3-изд.). СПб.: БХВ-Петербург. 2011.—768 с.
5. Засов В.А., Тарабардин М.А., Никоноров Е.Н. Адаптивный компенсатор помех: патент на полезную модель RU 100865, опубл. 27.12.2010, БИ №36.
6. Засов В.А., Ромкин М.В. Адаптивный компенсатор помех в прерывистых сигналах: патент на полезную модель RU №148878, опубл. 20.12.2014, БИ №35.
7. Никоноров Е.Н., Засов В.А. Программный комплекс для моделирования разделения и восстановления сигналов (ПКМ РВС). Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ RU 2009614827, опубл. 13.07.2009, БИ№4.

УДК 004.94

СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ВЫРАБОТАННОГО И ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСОВ ЛОКОМОТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ

Засов В.А., Давлетшина А.И.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. В работе предлагается система мониторинга выработанного и остаточного ресурсов локомотивных дизельных двигателей, реализованная на основе метода цифровых двойников. В качестве основного параметра, влияющего на интенсивность износа дизеля тепловоза и определяющего выработанный ресурс, предлагается использовать временной интервал работы на той или иной позиции контроллера машиниста, умноженный на весовой коэффициент, определяемый позицией контроллера. Сумма взвешенных временных интервалов является показателем, которым оценивается работа и, соответственно, выработанный ресурс дизельного двигателя тепловоза конкретных условиях эксплуатации.

Ключевые слова: выработанный, остаточный, ресурс, тепловоз, двигатель, позиция контроллера, цифровой, двойник

SYSTEM FOR MONITORING THE SPENT AND RESIDUAL RESOURCES OF LOCOMOTIVE ENGINES BASED ON DIGITAL TWINS

Zasov V.A., Davletshina A.I.

Samara, Samara State Transport University

Abstract. The paper proposes a system for monitoring the spent and residual resources of locomotive diesel engines, implemented on the basis of the digital twins method. As the main parameter affecting the intensity of diesel locomotive wear and determining the resource worked out, it is proposed to use the time interval of operation at a particular position of the driver's controller multiplied by the weight factor determined by the position of the controller. The sum of the weighted time intervals is an indicator that evaluates the operation and, accordingly, the developed resource of the diesel engine of the locomotive under specific operating conditions.

Key words: spent, residual, resource, diesel locomotive, engine, controller position, digital, twin

Переход от технического обслуживания объектов «по ресурсу» на обслуживание объектов «по текущему состоянию» [1] является перспективным и экономически эффективным направлением развития средств мониторинга и диагностики различных объектов.

Одной из форм обслуживания и эксплуатации объектов «по текущему состоянию» является обслуживание на основе цифровых двойников [2], которые отражают не только текущее состояние объектов, но и позволяют прогнозировать состояние объектов и переходить на предикативное обслуживание.

Важной задачей, требующей решения для реализации указанного подхода, является разработка систем, позволяющих создавать цифровые модели объектов, осуществлять ввод и вывод информации в эти модели и формировать прогнозы развития зарождающихся дефектов в объектах на основе моделей.

Целью работы является демонстрация возможностей метода цифровых двойников на примере создания системы мониторинга выработанного и остаточного ресурсов дизельных локомотивных двигателей.

В настоящее время на железных дорогах России применяется контроль текущего состояния дизельного двигателя по следующим параметрам – по пробегу, времени эксплуатации, расходу топлива. Эти параметры далеко не полно описывают особенности эксплуатации локомотивных двигателей, что приводит к значительным погрешностям расчетов выработанного и остаточного ресурсов тепловозных двигателей [3].

Возможности известных технических средств, например, электронного счетчика учета расхода ресурса - счетчика моточасов [4], существенно ограничены, так как не позволяют регистрировать позицию контроллера машиниста и осуществлять в режиме удаленного доступа передачу данных в компьютер для оперативного расчета остаточного ресурса.

Таким образом, актуальной задачей является разработка системы, позволяющей автоматически регистрировать при эксплуатации тепловоза ряд дополнительных эксплуатационных параметров, накапливать эту информацию на бортовом регистраторе тепловоза, периодически считывать информацию с тепловоза и обрабатывать ее на компьютере информационного центра локомотивного депо.

В результате обработки можно определить эксплуатационные показатели использования тепловоза, например, выполненную дизелем работу, что позволяет определить реальный выработанный ресурс.

Более точно ресурс можно определить, учитывая такой интегрированный показатель как время работы, при разной интенсивности эксплуатации (позиции контроллера машиниста, включения и отключения режимов тяги, запуска и отключения дизеля), учитывая ряд поправочных коэффициентов, которые могут в значительной мере повлиять на оценку ресурса.

Известно [5], что ресурс двигателя внутреннего сгорания напрямую зависит от температурного режима и силы трения, возникающее при его работе. Сила трения напрямую зависит от частоты вращения коленчатого вала, который в локомотивах регулируется позицией контроллера машиниста.

Поэтому в качестве основного параметра, влияющего на интенсивность эксплуатации (износа) дизеля тепловоза и определяющего выработанный ресурс, будем считать временной интервал работы, умноженный на весовой коэффициент, определяемый позицией контроллера машиниста. Очевидно, чем выше позиция контроллера машиниста, тем выше взвешивающий коэффициент. Сумма взвешенных временных интервалов будет оценивать коэффициент загрузки дизеля тепловоза конкретных условиях эксплуатации [6].

Такой подход к вычислению остаточного и выработанного ресурсов локомотивного двигателя дизеля предполагает сравнение моточасов, указанных в техническом паспорте и реально выработанного ресурса локомотива с учетом факторов влияющих на интенсивность эксплуатации.

Это позволяет точнее вычислять остаточный и выработанный ресурсы.

Остаточный ресурс локомотивного двигателя определяется так:

$$M_{ост} = M_{пасп} - M_{факт},$$

где $M_{ост}$ - остаточный ресурс, $M_{факт}$ - выработанный ресурс, $M_{пасп}$ - показатели ресурса из технического паспорта.

Тогда остаточный ресурс вычисляется следующим образом:

$$M_{ост} = M_{пасп} - \sum_{i=1}^{\infty} \frac{P_i \cdot T_i}{N_{ном}} K_{ii} \cdot K_{mi} \cdot K_{pi},$$

где $M_{ост}$ - остаточный ресурс (1), P_i - позиция контролера машиниста, определяющая число оборотов дизеля, T_i - время работы на данной позиции, $N_{ном}$ - номинальное количество оборотов, K_{ii} - поправочный коэффициент по температуре, K_{mi} - поправочный коэффициент по весу поезда, K_{pi} - поправочный коэффициент, учитывающий пересеченность (рельеф) местности.

Статус готовности выражается в процентах и определяется так [5,7]:

$$S_{гот} = \frac{M_{ост} \cdot 100\%}{M_{зав}},$$

где $M_{ост}$ - остаточный ресурс локомотива, $M_{зав}$ - заводской ресурс локомотива.

Таким образом, становится возможным более точно учитывать интенсивность эксплуатации каждого конкретного тепловоза и уменьшить погрешность вычисления остаточного и выработанного ресурсов. Это позволяет совершенствовать систему технического содержания тепловозов и оптимизировать сроки их технического обслуживания.

На основе представленного подхода предлагается вариант автоматизированной системы мониторинга остаточного и выработанного ресурсов дизельных двигателей тепловозов. Система состоит из двух частей: мобильной – на основе локомотивных бортовых регистраторов (ЛБР) [7], установленных на локомотивах, и стационарной – на основе автоматизированных рабочих мест (АРМ) в депо. В АРМ из ЛБР поступают такие данные как: позиции контроллера машиниста и время работы на каждой позиции, пройденное расстояние, температура воздуха. Дополнительные сведения о локомотиве, такие как вес поезда и маршрут следования также записываются в АРМ.

Структурная схема ЛБР и алгоритм работы для сбора данных о позициях контроллера машиниста и времени работы на каждой из них приведены соответственно на рис.1 и рис.2 (для примера рассмотрены только 8 позиций контроллера машиниста).

По полученным данным существует возможность построения получения краткосрочной информации об остаточном и выработанном ресурсе локомотива, а так же прогнозе на ближайшее время (рис.3).

Паспорт локомотива отображает основные данные для каждого конкретного локомотива, приписанного к депо. Все данные в паспорте локомотива делятся на статистические, которые задаются изначально и не подвержены изменениям (серия локомотива, номер локомотива, завод изготовитель, номинальное число оборотов, заводской ресурс), и динамические, которые изменяются каждый раз когда в АРМ поступает новая информация относительно данного локомотива (пробег, выработанный ресурс, остаточный ресурс, статус готовности, дата обновления информации).

Предложенная автоматизированная система можно рассматривать как первый этап создания интеллектуально системы управления локомотивным парком железной дороги. Эта система позволяет решить следующие задачи: сократить затраты на техническое обслуживание локомотивов, повысить безопасность и надежность локомотивов, увеличить время полезного использования локомотива за счет снижения простоев.

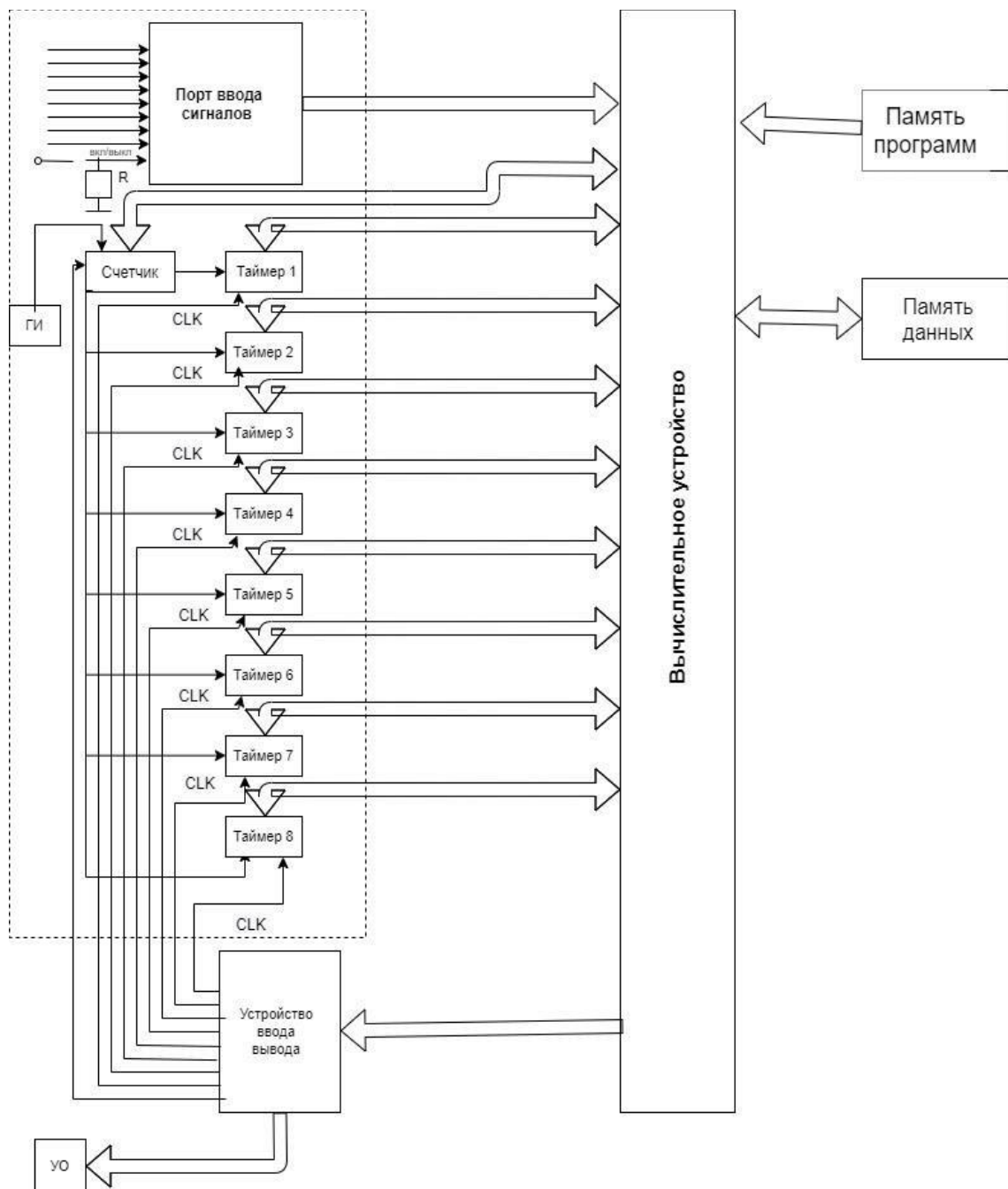


Рис. 1. Структурная схема ЛБР для сбора данных о позициях контроллера машиниста и времени работы на каждой из них

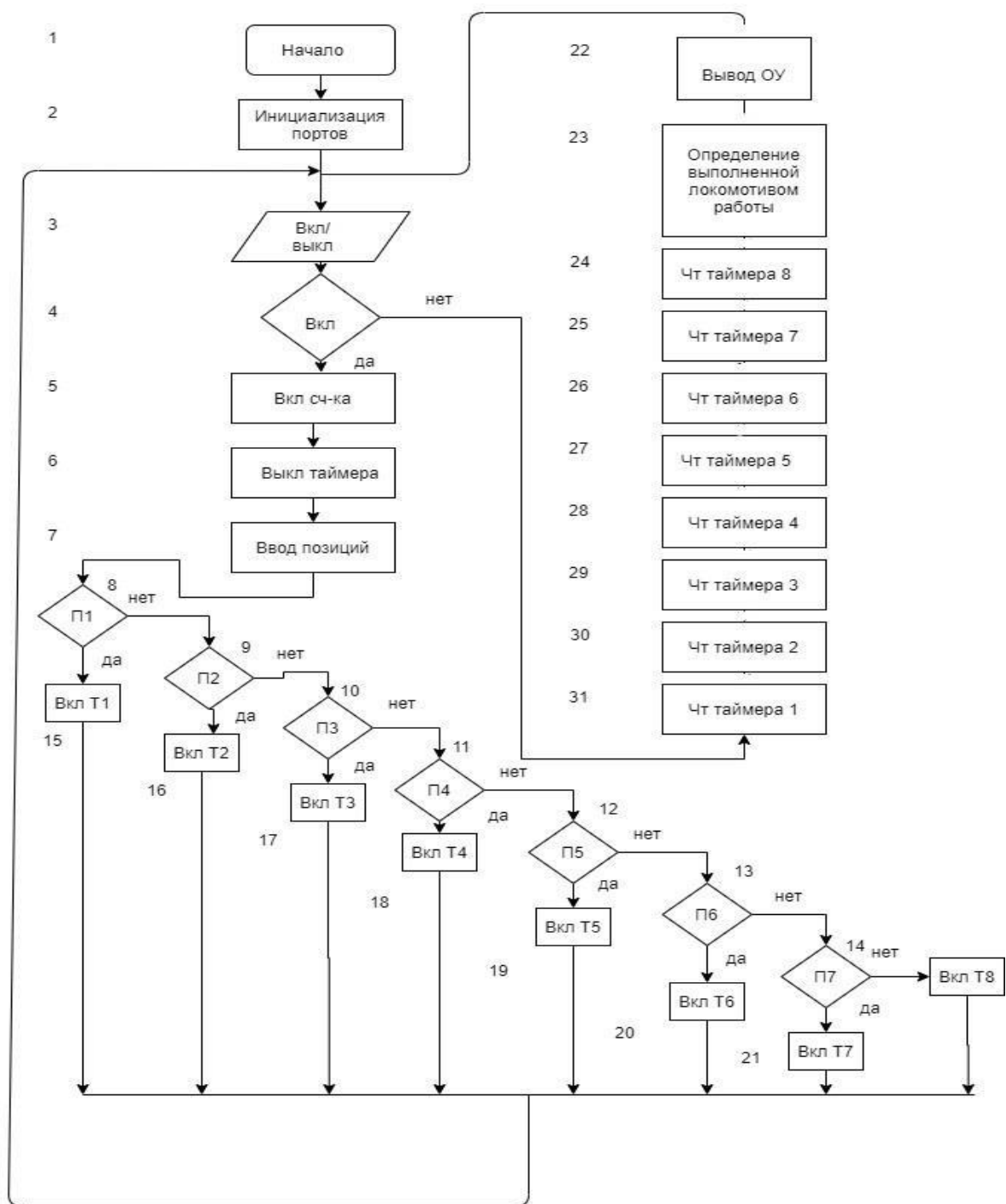


Рис. 2. Алгоритм работы ЛБР для сбора данных о позициях контроллера машиниста и времени работы на каждой из них

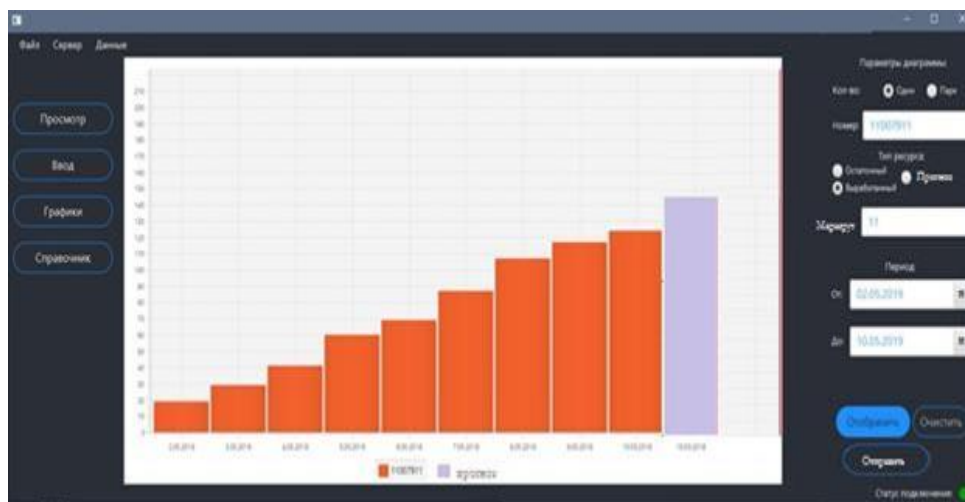


Рис. 3. Диаграмма истории и прогноза изменения выработанного ресурса тепловозного дизельного двигателя

Важными компонентами этой развивающейся интеллектуальной системы являются умный локомотив, оснащенный интеллектуальными средствами сбора и регистрации данных, работающие в условиях помех [8]. Локомотив передает по средствам телекоммуникации данные в цифровое депо, в котором оперативно и достоверно [9] вычисляются показатели работы локомотива и рекомендации, оптимизирующие работу локомотивного парка.

Список литературы

1. Болотин В. В. Ресурс машин и конструкций. М.: Машиностроение, 2010. – 448 с.
2. Прохоров А.Н., Лысачев М.Н. Цифровой двойник. Анализ, тренды, мировой опыт. – М.: ООО «Альянс-принт», 2020. – 401 с.
3. Липа, К.В., Белинский А.А., В.Н.Пустовой В.Н., Лянгасов С.Л., Лакин И.К., Аболмасов А.А., Мельников В.А., Лакин И.И., Баркунова А.А., Пустовой И.В. Мониторинг технического состояния и режимов эксплуатации локомотивов. Теория и практика. М.: Локомотивные Технологии. 2015. – 212 с.
4. Москович И.А., Колос В.С. Электронный счетчик учета ресурса электромеханических устройств / Патент РФ, № 4051 07.04.2004.
5. Охотников Б. Л. Эксплуатация двигателей внутреннего сгорания. – Екатеринбург: УрГТУ. 2014. – 140с.
6. Шайдулин Ш.Н., Добронос А.М., Засов В.А. Автоматизация оценки использования тепловозов // Локомотивы. 2000. №6. – С.31-33.
7. Добронос А.М., Засов В.А., Морозов Ю.Б., Пиманов В.Е. Бортовые регистраторы для железнодорожного подвижного состава // Современные технологии автоматизации. 1997. №2. – С.74-76.
8. Засов В.А., Тарабардин М.А., Никоноров Е.Н. Адаптивный компенсатор помех // Патент на полезную модель №100865, опубл. 27.12.2010, БИ №36.
9. Засов В.А., Никоноров Е.Н. Алгоритм регуляризации решения задачи разделения сигналов, использующий результаты анализа устойчивости // Сборник трудов IX международной конференции «Идентификация систем и задачи управления SICPRO '12». М.: ИПУ РАН, 2012. С. 949-962.

УВЕЛИЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА С ПОМОЩЬЮ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ РЕГИСТРАЦИИ, ХРАНЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ О ПРОСТОЯХ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ТРАНСПОРТНЫХ ПАРКОВ

Земба А.П., Семченков С.С.

Минск, Белорусский Национальный Технический Университет

Аннотация. Главными характеристиками качества работы системы маршрутного пассажирского транспорта являются регулярность и бесперебойность передвижения маршрутных транспортных средств, где важными являются учёт и анализ всех случаев нарушения данных показателей движения, к которым относятся простои подвижного состава, в статье рассмотрен вопрос автоматизации учёта простоев маршрутных транспортных средств, предлагается программная реализация решения.

Ключевые слова: диспетчерское управление, технология маршрутных городских перевозок, простои подвижного состава, троллейбус, информационная система, базы данных.

INCREASING THE EFFICIENCY OF URBAN PASSENGER TRANSPORT BY AUTOMATING THE PROCESSES OF REGISTRATION, STORAGE AND PROCESSING OF DATA ON DOWNTIME OF ROLLING STOCK OF TRANSPORT FLEETS

Zemba A.P., Semchenkov S.S.

Minsk, Belarusian National Technical University

Abstract. the main characteristics of the quality of the route passenger transport system are the regularity and continuity of the movement of route vehicles, where accounting and analysis of all cases of violations of these traffic indicators, which include downtime of rolling stock, are important, the article considers the issue of automation of accounting for downtime of route vehicles, a software implementation of the solution is proposed.

Keywords: dispatching, urban route technology, downtime, trolleybus, information system, databases.

Технология перевозки маршрутным пассажирским транспортом является совокупностью методов организации, транспортного обслуживания и непосредственного осуществления перевозочного процесса, где лицом исполнения являются перевозчики, которые контролируют и координируют работу водителей, выпуск подвижного состава на линию, учёт и устранение последствий отклонений процесса перевозки.

Контролируют и координируют работу водителей, выпуск транспортных средств на линию, учёт и ликвидацию последствий происшествий (отклонений) процесса перевозки диспетчера по выпуску парков.

Простой — остановка движения пассажирского транспорта по любой причине длительностью на 10 минут и более. Регистрация данного отклонения осуществляется через немедленное уведомление диспетчеру по выпуску парка о случае простоя с указанием необходимых данных: времени начала простоя, табельным номером водителя и номером транспортного средства (далее — ТС) в простое, предварительной причиной простоя.

После получения информации, диспетчер принимает решение о дальнейших действиях:

1. Возвращение ТС в парк без обслуживания пассажиров;
2. Остановка ТС в месте, обеспечивающем безопасность дорожного движения:
 - a. Водителю направляться самостоятельно в транспортный парк (далее — ТС) с последующим выездом из него на другом исправном ТС;
 - b. Ждать автомобиль скорой технической помощи для устранения неисправностей;
 - c. Ждать автомобиль скорой технической помощи для буксировки.

Важными моментами являются анализ объективных причин, последствий простоев и так далее. В связи с этим появляется необходимость автоматизации регистрации простоев для принятия правильных решений в оперативном порядке, а также анализ случаев, закономерных особенностей и тенденций в возникновении простоев.

Для решения данной задачи создана информационная система «Простои подвижного состава» (на основе Microsoft Access 2016), которая в форме реляционной базы данных хранит информацию о простоях, совершает выборку данных и производит их анализ по различным критериям. Важным аспектом является сведение фактора человеческой ошибки к минимуму и повышение скорости обработки данных. Указанные критерии значимы для принятия инженерных решений и действий диспетчерского управления.

Для решения подобного рода задач необходимым шагом является проектирование решения задачи с помощью модели процессом, которая отражают сущность, механизм и принцип работы процессов, учитывая связи и взаимодействия различных объектов и субъектов между собой.

На этапе проектирования информационной системы была отображена действующая схема бизнес-процесса с 2 ролями (рис.1):

1. Водитель — информирует и передаёт необходимую информацию о простое диспетчеру.
2. Диспетчер — регистрирует простои и вносит необходимые новые шаблоны в базу данных.

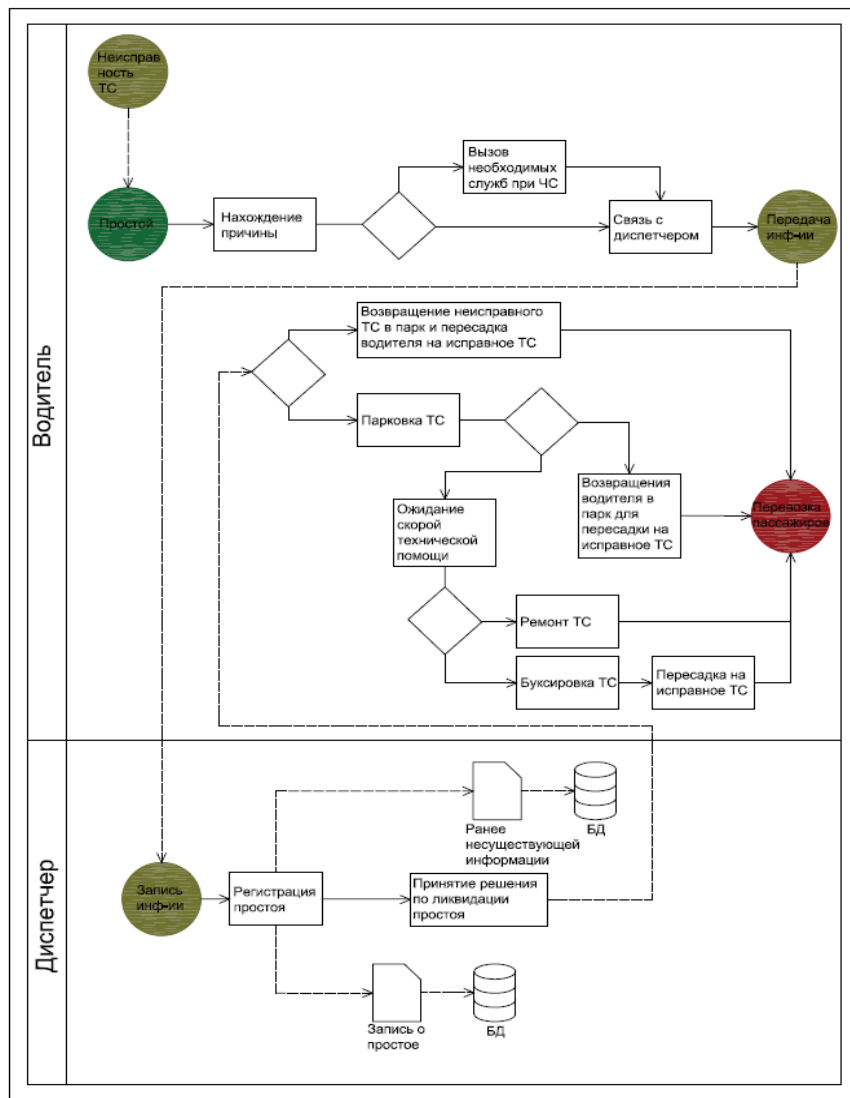


Рис. 1. Схема бизнес-процесса регистрации простоев подвижного состава

В случае простоя водитель обязан немедленно сообщить диспетчеру о нарушении порядка перевозки пассажиров и передать все необходимые данные.

Диспетчер, принимая всю информацию, записывает её в журнал и регистрирует факт простоя. В случае недостатка каких-либо данных добавляются недостающие данные в базу данных, после чего обновляются сведения о простое.

На этапе разработки системы был изучен существующий физический журнал регистрации простоев, в котором храниться информация о:

1. Дате регистрации простоя;
2. Табельном номере водителя;
3. Инвентарном номере транспортного средства;
4. Месте и направлении простоя;
5. Инвентарном номере заменяющего ТС (при необходимости замены выпуска на линии);
6. Фамилии, имени и отчестве диспетчера, принявшего заявку;
7. Времени передачи заявки водителем простаивающего ТС;
8. Причине простоя;
9. Продолжительности простоя;
10. Времени начала и окончания простоя;
11. Инвентарном номере автомобиля скорой технической помощи (при необходимости отправления на место простоя).

Во время работы над созданием была произведена нормализация данных, для часто встречаемой информации в базе данных были созданы отдельные справочники по категориям с целью увеличения скорости регистрации и ввода информации.

Последним шагом создания информационной системы является формирование отчётной документации по различным требуемым категориям для анализа, который позволяет обеспечить получение в удобной форме информации о тенденциях простоев, что способствует быстро внести корректирующие действия в системы обслуживания и ремонта, в конечном итоге уменьшить частоту появления простоев маршрутных ТС, что повышает эффективность процесса перевозок пассажиров.

По предварительным экспертным оценкам сокращение простоев на 50% позволит повысить эффективность работы системы не менее чем на 10%.

Список литературы

1. Оценка состояния транспортной системы городов Полоцка и Новополоцка / Д.В. Капский, С.С. Семченков и др. // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В. Промышленность. прикладные науки. — Новополоцк: ПГУ, 2020. — С. 98–102. Текст: непосредственный.
2. Некоторые вопросы системного подхода к планированию работы водителей городского пассажирского транспорта/ Д.В. Капский, Е.Н. Кот, С.С. Семченков // Социально-экономические проблемы развития и функционирования транспортных систем городов и зон их влияния: материалы XXVII Междунар. (тридцатой Екатеринбургской) науч.-практ. конф. (19–20 июня 2021 г.) / науч. ред.: С.А. Ваксман. – Екатеринбург: Изд-во АМБ, 2020. — С. 269–280. Текст: непосредственный.

МЕТОДИКИ МОДЕЛИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ГОНОК В МНОГОПОТОЧНЫХ ПРОГРАММАХ

Лобачев А.Ю.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. В статье рассматриваются методики процедурной генерации кода, подходы к тестированию программного обеспечения, использующего параллельные потоки. На основании полученных теоретических данных был сформирован алгоритм генерации исходных текстов программ и реализован в виде программного комплекса.

Ключевые слова: мультипоточное программирование, синхронизация потоков, состояния гонки, надежность, тестирование, статический анализ, граф потока управления, комплекс программ

METHODS FOR MODELING THE DATA RACES IN MULTITHREADED PROGRAMS

Lobachev A.Yu.

Samara, Samara State Transport University

Abstract. The article discusses methods of procedural code generation, approaches to testing software using parallel threads. Based on theoretical data, an algorithm for generating source codes of programs was formed and implemented in the form of a software package

Keywords: multi-threaded programming, thread synchronization, race conditions, reliability, testing, static analysis, control flow graph, program complex

1. Введение

В общем виде состояние гонки данных это семантическая ошибка проектирования многопоточных систем, которая имеет стохастическую природу и может приводить к не детерминированным результатам вычислений, что в свою очередь может стать причиной возникновения бэкдоров, позволяющих производить изменения внутренних состояний системы, не доступных при стандартных сценариях использования, а кроме того, ошибки такого рода могут стать причиной отказа системы и порчи данных [1].

В виду своей стохастической природы состояние гонки данных является гайзенбагом, вследствие чего проблема может не проявлять себя вплоть до внедрения системы в промышленную эксплуатацию [2]. Методики и правила написания потокобезопасного кода известны и общеприняты [3,4], однако в действительности не всегда удаётся соблюдать их и придерживаться потокобезопасной архитектуры программного обеспечения ввиду необходимости обеспечения высокого быстродействия программного кода, т.к. большое количество синхронизаций между потоками негативно сказывается на скорости выполнения программы [3,4].

На сегодняшний день разработано несколько десятков детекторов гонок, которые имеют в своей основе различные алгоритмы и базируются на различных методиках и подходах к обнаружению состояния гонки [2]. Однако, несмотря на всю критичность проблемы гонок данных не получили широкого распространения. По мнению автора, ключевую роль в этом сыграла проблема того, что для всего многообразия алгоритмов и подходов обнаружения не были разработаны формальные критерии и методики оценки надежности самих детекторов гонок [5].

Внедрение автоматизированных средств позволило бы выявлять и устранять ошибки конкурентности еще на этапе разработки программ, что позволило бы значительно увеличить надежность мультипоточных программ, так как стандартные методики тестирования плохо справляются с обнаружением проблем конкурентности ввиду их стохастической природы возникновения [4].

Для решения проблемы, обозначенной выше, автором предлагается разработка группы алгоритмов позволяющих производить генерацию исходных текстов программ и моделировать различных вариаций состояния гонки данных.

В данной работе будут рассмотрены методики моделирования состояния гонки и основанные на них методики автоматизированной генерации исходных текстов программ для оценки

надёжности средств автоматизированного анализа исходного текста многопоточных программ на языке Java.

II. Предлагаемые подходы и методики

Для разрабатываемых алгоритмов автором были сформулированы следующие требования и ограничения:

1. Результатом работы алгоритмов должны быть исходные тексты программ на языке Java версии JDK 11;
2. Исходные тексты программ должны соответствовать ограничениям на количество критических секций, содержащих состояние гонки;
3. Исходные тексты программ не должны содержать ошибок времени компиляции, количество ошибок времени исполнения должно быть сведено к минимуму для корректной работы динамических детекторов;
4. Разрабатываемые алгоритмы должны иметь возможность динамического аннотирования участков кода, т.к. это является необходимым и обязательным условием для работы большого числа статических и динамических детекторов;
5. Сгенерированные программные тексты должны сопровождаться метаданными с конкретным указанием позиции критических секций.

В рамках данной работы были рассмотрены следующие подходы к генерации исходных текстов программ [10-12]:

1. Генерация на основе метаданных;
2. Кодогенерация на основе шаблонов;
3. Процедурная генерация;
4. Псевдослучайная генерация на основе фрагментов кода.

Рассмотренные подходы 1–2 позволяют генерировать исходный код на основании некоторой априорной информации, содержащей инварианты и их типы данных. Типичным представителем подхода 2 является инструмент кодогенерации CXF, позволяющий на основе стандарта WSDL генерировать классы доменной модели данных. Исходя из специфики программных текстов получаемых с помощью средств, а именно из-за направленности на генерацию доменной модели, 1–2 можно сделать вывод о том, что они не подходят для использования в рамках проблемы, обозначенной в данной работе. Вариант 3 позволяет генерировать классы, содержащие логику и операции над данными, однако ввиду сложности реализации требований 2,3 для процедурного подхода данный вариант был исключен.

Для генерации тестовых наборов программ автором был разработан алгоритм на основе подхода псевдослучайной генерации с использованием заранее созданных участков кода, с заранее известным наличием или отсутствием секций с конкурентным изменением данных.

Разработанный генератор кода имеет следующую структуру:

1. Генерация изначального фасада программы;
2. Построение функциональной зависимости участков кода(соединений);
3. Анализ возможной глубины стека вызовов и очистка от кода от недостижимых секций;
4. Рандомизация соединений – восстановление обратно части некоторых удаленных связей между частями программы;
5. Проверка соответствия параметров полученной программы (кол-во критических
6. участков, размер полученной программы и т.д.) тем, что были заданы пользователем;
7. Проверка кода на наличие проверяемых исключений (ошибок времени компиляции);
8. Создание тестовых наборов данных;
9. Проверка кода на наличие проверяемых исключений (ошибок времени исполнения) с помощью сгенерированного набора данных.

Пример графа программ полученной путём генерации представлен на рис. 1. На данном графе вершинами представлены заранее созданные участки кода, а ребрами графа представлена их функциональные зависимости, т.е. вызовы одних участков кода другими.

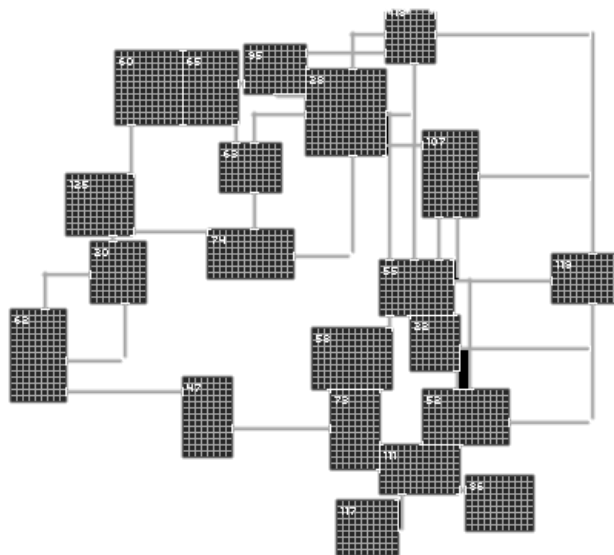


Рис. 1 - Визуализация графа сгенерированной программы

III. Результаты и обсуждения

С помощью разработанного алгоритма автором были апробированы методики генерации и моделирования программ с состояниями гонок данных, для последующего их использования в тест-кейсах по исследованию надежности детекторов гонок данных. В виду того, что детекторы гонок данных основываются на разных принципах обнаружения, один отдельный детектор не может гарантировать абсолютную достоверность результатов проверки.

Разработанная модель и алгоритмы позволяют создавать тестовые наборы данных для оценки надежности работы детекторов гонок данных.

IV. Выводы

В рамках данной работы был разработан был сформулирован список требований к средствам генерации программных текстов с целью моделирования состояния гонки данных. На основании сформированных требований был разработан алгоритм псевдослучайной генерации исходных текстов программ, позволяющий создавать тестовые наборы программ с заданными характеристиками и генерировать метаданные, содержащие информацию о критических секциях.

В дальнейшем автором предполагается использование данного алгоритма в качестве основы для платформы для разработки и тестирования новых гибридных средств анализа состояния гонок данных в Java программах.

Список литературы

1. Regehr, John (2011-03-13). "Race Condition vs. Data Race". Embedded in Academia.
2. Кудрин М.Ю., Прокопенко А.С., Тормасов А.Г. Метод нахождения состояний гонки в потоках, работающих на разделяемой памяти. // Сборник научных трудов МФТИ. – М.: МФТИ, 2009. – № 4. – Том 1. – С. 181-201.
3. Effective Java, 2nd Edition. by Joshua Bloch. Released May 2008. Publisher(s): Addison-Wesley Professional. ISBN: 9780137150021.

4. Java Concurrency In Practice by Brian Goetz, Tim Peierls, Joshua Bloch, Doug Lea, Joseph Bowbeer, David Holmes Publisher(s): Addison-Wesley, 2020 ISBN 0321349601, 9780321349606
5. International Conference on Electronic Engineering and Computer Science. Case Study of Dynamic Detectors for Data Races, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212667813000282/pdf?md5=117b34bbf27e7b000b6c85c82fc61642&pid=1-s2.0-S2212667813000282-main.pdf>
6. Mellor-Crummey J. On-the-fly detection of data races for programs with nested fork-join parallelism // Proceedings of the 1991 ACM/IEEE conference on Supercomputing. — ACM Press, 1991
7. Chelf B., Engler D., Hallem S. How to Write System-specific, Static Checkers in Metal // PASTE '02: Proceedings of the 2002 ACM SIGPLAN-SIGSOFT workshop on Program Analysis for Software Tool and Engineering. — New York, USA: ACM Press, 2002
8. Emanuelsson P., Nilsson U. A Comparative Study of Industrial Static Analysis Tools // Elsevier Science Publishers. — 2008. — Amsterdam, Netherlands. №217.
9. Davis, Ian. "What Are The Benefits of MVC?". Internet Alchemy.
10. Альфред В. Ахо, Моника С. Лам, Рави Сети, Джефффри Д. Ульман. Компиляторы: принципы, технологии и инструментарий = Compilers: Principles, Techniques, and Tools. — 2-е изд. — М.: Вильямс, 2008. — ISBN 978-5-8459-1349-4
11. Робин Хантер Основные концепции компиляторов = The Essence of Compilers. — М.: «Вильямс», 2002. — С. 256. — ISBN 5-8459-0360-2
12. Лобачев А. Ю., Засов В. А. Моделирование состояний гонки в многопоточных программах // Труды XIV Международной научно-практической конф., Самара: СамГУПС, 2021, (в издании)

УДК 681.324

МЕТОДОЛОГИЯ АНАЛИЗА И ДИАГНОСТИКИ ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МНОГОАСПЕКТНЫХ ОПЕРАТОРНЫХ СХЕМ

Никищенко С. А.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. Предложена современная методология организации систем диагностирования транспортных процессов с использованием операторных схем. Даны концептуальные основы, принципы и теории, определяющие совокупность используемых методов. Приведен анализ вариантов схематизации и способов формирования диагностических моделей процессов. Рассмотрена архитектура автоматизированной системы диагностирования и комплекс алгоритмов обнаружения дефектов.

Ключевые слова: процесс, дефект, методология, операторная схема, диагностика.

METHODOLOGY OF ANALYSIS AND DIAGNOSTICS OF TRANSPORTATION PROCESSES USING MULTI-ASPECT OPERATOR SCHEMES

Nikishchenkov S. A.

Samara, Samara State Transport University

Abstract: A modern methodology for organizing systems for diagnosing transport processes using operator schemes is proposed. Conceptual foundations, principles and theories are given that determine the set of methods used. The analysis of schematization options and methods of forming diagnostic models of processes is given. The architecture of an automated diagnostic system and a set of algorithms for detecting defects are considered.

Keywords: process, defect, methodology, operator scheme, diagnostics.

Методология диагностики транспортных процессов (ТП) с использованием операторных схем берет истоки от научного направления диагностики ЭВМ по схемам алгоритмов, сформированного в 80-е годы прошлого века в Ленинградском электротехническом институте, сформирована и апробирована в 2000-е годы, и в настоящее время развивается в ходе реализации стратегии цифровой трансформации на транспорте [1-6].

В ходе выполнения транспортных технологий возникают различные дефекты (искажения, несоответствия) вследствие износа подвижного состава и элементов инфраструктуры, человеческого фактора, сбоев электроники, ошибок в компьютерных программах, искажений в цифровых данных и т.д.). Развитие АСУ ТП предполагает инновации не только для повышения эффективности управления на основе базовых цифровых технологий, но и в совершенствовании подсистем контроля и диагностики процессов с целью предотвращения возможных потерь ресурсов и экономических убытков.

Характерными свойствами железнодорожных ТП является регламентность и нормируемость (планы, расписания, прогнозные и исполненные графики и т.п.), регулярность, многоаспектность, многообразие ситуаций и событий, высокая сложность и повышенные требования безопасности. К проблемам диагностирования многооперационных ТП относятся недостаточная проработанность концептуальных и методологических аспектов организации автоматизированных систем диагностирования (АСД) в условиях цифровой трансформации; необходимость модернизации диагностического обеспечения (моделей, методов, алгоритмов и средств диагностирования), использующего компьютерные способы разработки, хранения, визуализации и обработки информации о ТП и передовые цифровые технологии. Необходимость развития АСД ТП подтверждается ограниченностью традиционного контроля железнодорожных процессов с помощью пространственно-временных диаграмм (графики движения поездов, графики работы станций и т.п.), внедрением системы менеджмента качества (СМК), основанной на описаниях процессов, контроле и улучшении показателей качества.

Концепция и методология проектирования и организации АСД являются основой успеха при реализации сложных проектов создания новых АСУ ТП. Методология представляется как систематизированное обоснование, выбор и использование классических и современных научных и инновационных методов: 1) пересмотр принципов и стандартов технической диагностики в направлении приоритета транспортных технологий как диагностических инвариантов с соответствующей организацией АСД (рис. 1); 2) развитие процессного подхода с учетом внедренной отраслевой СМК и тенденций его широкого использования в ОАО «РЖД»; 3) системное описание процесса как объекта функционального диагностирования, позволяющее обосновать и сформировать адекватную и операбельную математическую модель; 4) применение проблемно-ориентированных операторных схем процессов, базирующихся на формальных описаниях и цифровых технологиях обработки и визуализации; 5) совершенствование и специализация диагностических моделей конкретных ТП; 6) переработка методов системного анализа и дискретной математики, используемых для формирования эффективных способов и алгоритмов диагностики процессов, с использованием искусственного интеллекта; 7) применение современных архитектур и параллельных алгоритмов обработки данных при организации АСД; 8) комплексная оценка инноваций при проектировании и внедрении АСД ТП на железнодорожном транспорте.

Анализ методов описания, схематизации и визуализации ТП проводился в следующих областях: нормативы и типовые схемы на железнодорожном транспорте; формализованные языки описания процессов в СМК и компьютерных системах программирования и проектирования (схемы алгоритмов, программ и процессов обработки данных); граф-схемы теоретического программирования (операторные и стандартные схемы программ) и модели параллельных процессов (асинхронные схемы, би-логические графы, сети Петри, схемы потоков данных). Он позволил сделать вывод о целесообразности интерпретации теоретико-множественных моделей процессов операторными схемами, имеющими такие свойства, как возможность компактного описания множества ТП, соответствующей одной технологии; проработанность

вопросов анализа, синтеза и оптимизации; применение методик теоретического и параллельного программирования; эффективность имитационного моделирования и эмулярования; приемлемая размерность операторных схем в практических задачах; соответствие международным стандартам в сфере структурного исследования процессов (IDEF, UML); возможность задания перечней дефектов, адекватных фактическим дефектам в ТП.

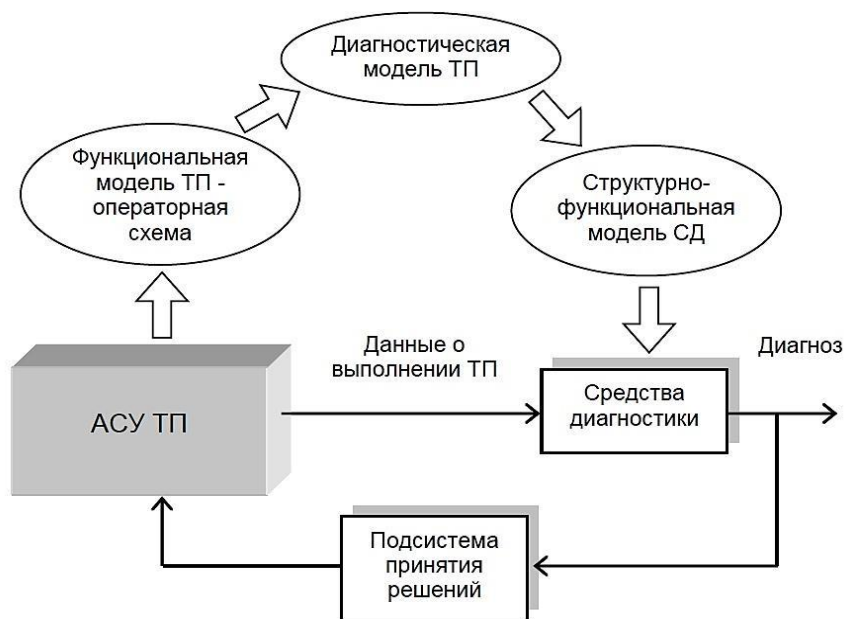


Рис. 1. Архитектура АСД

Теоретические основы и отечественные ГОСТ по технической диагностике определяют диагностическую модель ТП как совокупность его функциональной формальной модели, способа формирования дефектов и их объектно-ориентированного списка. В этом плане эффективным является применение СМК с ее базовыми принципами повышения количественных и качественных показателей процессов за счет обнаружения и устранения несоответствий (дефектов). Диагностическая модель должна быть адекватной реальным ТП и достаточной для разработки способов, алгоритмов и средств диагностирования, составляющих диагностическое обеспечение АСД.

Инженерные методы, использующие на теоретическом уровне элементы дискретной математики (булеву алгебру, теорию графов, автоматов и алгоритмов), интегрированные средства разработки программного обеспечения и современные цифровые технологии, обеспечивают автоматизацию получения оперативной информации от АСУ ТП, формирования сообщений о дефектах и обработку результатов диагностики.

Комплекс алгоритмов диагностирования ТП имеет в своем составе элементарные алгоритмы обнаружения дефектов (сопоставление актов событий с активизацией элементов операторной схемы процесса, с последовательностью операторов и связей схемы); укрупненные алгоритмы (сравнение векторов признаков событий с эталонными таблицами, с эмулятором операторной схемы); параллельные алгоритмы диагностирования на основе анализа совокупностей событий (обнаружение дефектов признаков агрегированных событий, порядка событий и выполнения норм координат событий); синхронный и асинхронный алгоритмы взаимодействия с объектом; алгоритмы жизненного цикла АСД.

Принципы организации АСД определяют обеспечение контролепригодности ТП, наличие подготовительного этапа с наполнением АСД данными о ТП); в режиме on-line получение и обработка диагностических данных; фиксация и идентификация дефектов; анализ результатов и принятие решений по отработке диагноза. КРІ АСД содержат показатели по оперативности

и полноте обнаружения дефектов, коэффициенты информационной, программной и временной избыточности и экономические показатели. Методы расчета базируются на отраслевых методиках, при этом очевидна необходимость превышения экономии от обнаружения дефектов и снижения потерь ресурсов над совокупными затратами.

Список литературы

1. Nikishchenkov S.A. Diagnostics of railway processes based on operator schemes. Saarbrücken: Palmarium Academic Publishing, 2015. - 349 с.
2. О программе мероприятий по расширению применения процессного подхода в управлении холдингом «Российские железные дороги». Распоряжение ОАО «РЖД» от 23 августа 2017 г. № 1712р. М.: ОАО «РЖД», 2017. - 4 с.
3. Стратегия цифровой трансформации ОАО «РЖД» до 2025 года. Материалы заседания совета директоров ОАО «РЖД» от 25.10.2019 г. М.: ОАО «РЖД», 2019. - 78 с.
4. Никищенко С. А. Автоматизированное диагностирование транспортных процессов с использованием операторных схем / Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте. Материалы I Всероссийской научно-практической конференции. Самара: СамГУПС, 2019. - С. 105-109.
5. Andronchev I. K., Nikishchenkov S. A., Romanova P.B. Theoretical and multiple model of transport multi-operational reconfigurable processes. Advances in Intelligent Systems and Computing, 2020. Vol. 1116, pp. 1054-1063. https://doi.org/10.1007/978-3-030-37919-3_103.
6. Nikishchenkov S. A., Andronchev I. K., Haitbaev V.A. Interpretation and analysis of parallelism of transport technologies using operator schemes. Transportation Research Procedia, 2021. Vol. 54, pp. 253-262. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.02.071>.

УДК 681.324

КОНТРОЛЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ ТРИГГЕРНО-ВРЕМЕННЫХ ФУНКЦИЙ ОПЕРАЦИЙ

Никищенко С. А., Халаева С.Н.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация: Рассмотрен подход к контролю и диагностике транспортных многооперационных процессов с использованием спусковых функций и нормированием времени запуска и окончания операций. Приведены примеры операторных и ресурсно-логических схем процессов. Определена расширенная диагностическая модель технологического процесса и перечень дефектов, характеризующих его неправильное выполнение в зависимости от готовности операций. Приведены варианты практической реализации метода контроля.

Ключевые слова: процесс, спусковая функция, ресурсно-логическая схема, дефекты, контроль.

CONTROL OF TECHNOLOGICAL PROCESSES BASED ON TRIGGER-TIME FUNCTIONS OF OPERATIONS

Nikishchenkov S. A., Khalaeva S. N.

Samara, Samara State Transport University

Abstract: An approach to the control and diagnostics of multi-operational transport processes using trigger functions and time rationing of the start and end times of operations is considered. Examples of operator and resource-logical schemes of processes are given. An extended diagnostic model of the technological process and a list of defects characterizing its incorrect performance, depending on the readiness of operations, have been determined. Variants of practical implementation of the control method are presented.

Key words: process, trigger function, resource logic scheme, defects, control.

Метод контроля многооперационных технологических процессов (ТП) на основе спусковых (триггерных) функций операций является развитием асинхронного подхода к управлению и диагностике процессов [1-6]. При его применении в АСУ ТП оперативно поступает информация о процессе: «какие операции выполняются в текущий момент времени?», «нет ли останова процесса (выполняется ли хотя бы одна операция)?», «есть ли ложный запуск операций и каких?», «какие операции готовы для выполнения по совокупности всех ресурсов и условий?», с возможным дальнейшим анализом результатов контроля («почему при полностью готовых ресурсах операция не запускается?», «какие ресурсы для данной операции не обеспечены?», «почему готовая операция не выполнялась?»).

На модельном уровне спусковая функция (согласно определению асинхронных схем в теоретическом программировании) в общем виде представляется как $SF_i: \mathbf{E}^{\text{вх}.i} \rightarrow a_i^3$, где $\mathbf{E}^{\text{вх}.i}$ - совокупность событий, характеризующих готовность входных аргументов для i -го оператора (например, активизация выходных переменных предшествующих операторов и связей в операторной схеме процесса), a_i^3 - событие запуска оператора.

Для ТП спусковая функция операции определяется как логическое выражение, аргументами которой являются признаки окончания предшествующих ей операций: $SF_i: (\mathbf{a}^k, \mathbf{p}) \rightarrow a_i^3$. Например, для операторной схемы на рис. 1, а, наиболее сложная спусковая функция у оператора A_7 :

$$SF_7 = ((a_4^k = 1) \wedge (p_1^l = 1) \wedge (a_5^k = 1)) \oplus ((a_4^k = 1) \wedge (p_1^o = 1) \wedge (a_2^k = 1)).$$

На основе свойств спусковых функций обосновано и проработано их использование для диагностики ТП. По значению спусковой функции проверяется правильность или дефект запуска операции, для чего вычисляется значение диагностической функции:

$$DF_i: (SF_i, a_i^3) \rightarrow d_i^3: (a_i^3 = 1) \wedge (SF_i = 1) \rightarrow d_i^3 = 0, (a_i^3 = 1) \wedge (SF_i = 0) \rightarrow d_i^3 = 1.$$

Дефект означает, что ложный запуск операции произошел до окончания предшествующих ей операций, т.е. когда для нее не переданы необходимые ресурсы, или не предусмотрено выполнение по фактическому значению логических условий.

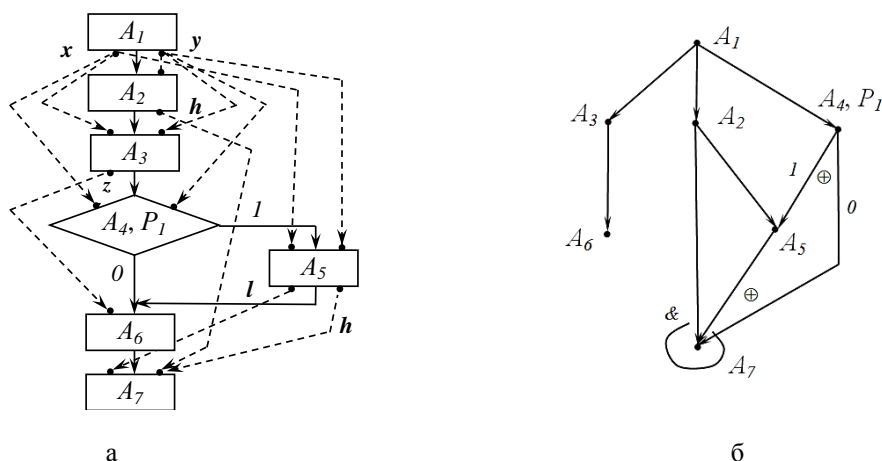


Рис. 1. Схемы процессов (а - последовательная операторная схема фрагмента технологии, б - ресурсно-логическая схема)

Ресурсно-логические схемы (РЛС) представляют интерпретацию спусковых функций ТП (его фрагмента) в виде би-логических (И и Исключающее ИЛИ соответственно функционально полной логики Жигалкина) графов. Формально РЛС может быть представлено в виде $RLS = (\mathbf{A}, \mathbf{C}, \mathbf{P}, \&, \oplus)$, где \mathbf{A} - множество вершин (операторы); \mathbf{C} - множество дуг (связи), $C_{j,i} = 1$, если a_j^k входит аргументом в SF_i ; \mathbf{P} - множество логических условий; дуги у вершин

размечены символами $\&$ и \oplus . Входная разметка вершин соответствует SF_i , а выходная выполнена так, что вершина преобразователя размечена $\&$, вершина распознавателя размечена \oplus между альтернативными дугами. РЛС на рис. 1, б, соответствует операторной схеме на рис. 1, а.

На основании теории асинхронных процессов и результатов в области моделирования параллельных вычислений доказано, что система диагностических спусковых функций в виде РЛС является инвариантом и диагностическим эталоном для эквивалентных ТП, реализующих заданную технологию и реконфигурируемых по взаимному расположению операций в пространстве и времени, что является важным для диагностики транспортных процессов [2,3].

Для расширения перечня обнаруживаемых дефектов и области применения метода разработана расширенная диагностическая модель ТП, совмещающая диагностические спусковые функции и дефекты, связанные с несоответствиями актов запуска и окончания операций и моментами времени, нормируемыми относительно готовности операции к выполнению (рис. 1 и табл. 1):

$$d^{сф. акт. врем} = d^{сф. лз} \cup d^{сф. оз} \cup d^{сф. лк} \cup d^{сф. пз} \cup d^{сф. зз} \cup d^{сф. зк},$$

где λ_i^3 – признак состоявшегося запуска операции, $\lambda_i^{сф}$ – признак значения спусковой функции, равного единице. Новым принципом контроля является то, что требования правильного выполнения ТП предписывают, что в течение нормируемого периода времени с момента готовности ресурсов произойдет однократное выполнение операции.

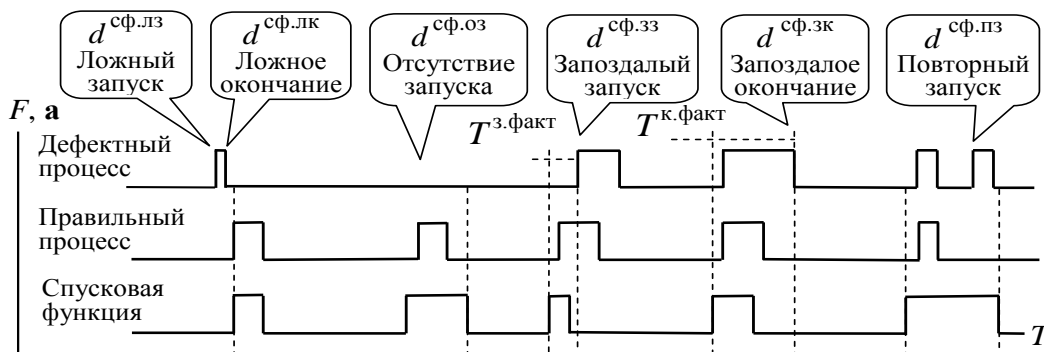


Рис. 2. Иллюстрация к определению перечня дефектов

Таблица 1

Требования правильного выполнения ТП и дефекты

Требование правильного выполнения	Дефект
$\forall O_i: (a_i^3 = 1) \wedge (SF_i = 1)$	$(a_i^3 = 1) \wedge (SF_i = 0) \Rightarrow d_i^{сф. лз} = 1$
$\forall O_i: (a_i^k = 1) \wedge (\lambda_i^3 = 1)$	$(a_i^k = 1) \wedge (\lambda_i^3 = 0) \Rightarrow d_i^{сф. лк} = 1$
$\forall O_i: (\lambda_i^3 = 1) \wedge (\lambda_i^{сф} = 1)$	$(\lambda_i^3 = 0) \wedge (\lambda_i^{сф} = 1) \Rightarrow d_i^{сф. оз} = 1$
$\forall O_i: (a_i^3 = 1) \wedge (T_i^{з. факт} < T_i^{з. норм})$	$(a_i^3 = 1) \wedge (T_i^{з. факт} > T_i^{з. норм}) \Rightarrow d_i^{сф. зз} = 1$
$\forall O_i: (a_i^k = 1) \wedge (T_i^{к. факт} < T_i^{к. норм})$	$(a_i^k = 1) \wedge (T_i^{к. факт} > T_i^{к. норм}) \Rightarrow d_i^{сф. зк} = 1$
$\forall O_i: (\lambda_i^3 = 1) \wedge (\lambda_i^{сф} = 1) \wedge (a_i^3 = 0)$	$(\lambda_i^3 = 1) \wedge (\lambda_i^{сф} = 1) \wedge (a_i^3 = 1) \Rightarrow d_i^{сф. пз} = 1$

Естественным для данного метода вариантом организации средств диагностирования являются триггерные и счетчиковые сети, состоящие из ячеек, соответствующих элементам РЛС, коммутируемых при настройке и взаимодействующих при контроле ТП, и дополнительных счетчиков времени. Принципиальные схемы ячеек, алгоритмы диагностирования, режимы работы (в том числе обучение с использованием нейронных технологий), свойства сетей, реализации в виде цифровой однородной структуры и сторожевого процессора рассмотрены в [3,6].

Список литературы

1. Никищенков С.А. Спусковые функции и контроль процессов. Обзорные прикладной и промышленной математики, 2004. Т.11, Вып. 2. - С.380.
2. Никищенков С.А. Метод контроля реконфигурируемых транспортных систем по спусковым функциям. Наука и техника транспорта, 2004. №3. - С.62-69.
3. Nikishchenkov S.A. Diagnostics of railway processes based on operator schemes. Saarbrücken: Palmarium Academic Publishing. 2015. - 349 с.
4. О программе мероприятий по расширению применения процессного подхода в управлении холдингом «Российские железные дороги». Распоряжение ОАО «РЖД» от 23 августа 2017 г. № 1712р. М.: ОАО «РЖД», 2017. - 4 с.
5. Nikishchenkov S.A. Methods for monitoring of reconfigurable transport systems based on trigger functions. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2018. Vol. 194, 062025. DOI: 10.1088/1755-1315/194/6/062025.
6. Nikishchenkov S.A., Asabin V.V., Tretyakov G. M., Moskvichev O.V., Romanova P.B. Diagnostics of Multioperation Processes Using Basic Cells of Digital Homogeneous Structures. Russian Electrical Engineering, 2020. Vol. 91, pp.171–174. DOI:10.3103/S106837122003013X.

УДК 656.34

ПОКАЗАТЕЛИ ДИНАМИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ ОБНАРУЖЕНИЯ СОСТОЯНИЙ ГОНКИ В МНОГОПОТОЧНЫХ ПРОГРАММАХ

Кабижский Д.С.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. В статье приведены сравнительные методы динамического анализа обнаружения состояний гонки в многопоточных системах с разделяемой памятью. Показаны преимущества динамического метода перед статическими.

Ключевые слова: многопоточное программирование, состояния гонки, надежность программ, тестирование, динамический анализ, алгоритм, сравнение возможностей.

INDICATORS OF DYNAMIC ALGORITHMS FOR DETECTING RACE CONDITIONS IN MULTITHREADED PROGRAMS

Kabizhsky D.S.

Samara, Samara State Transport University

Abstract. The article presents comparative methods for dynamic analysis of the detection of race conditions in multithreaded systems with shared memory. The advantages of the dynamic method over the static ones are shown.

Keywords: multithreaded programming, thread synchronization, race conditions, testing, dynamic analysis, algorithm, comparison of possibilities.

Существует множество ошибок связанных с различными доступами к данным и методам синхронизации.

Одна из таких ошибок, является состоянием одновременного доступа к памяти или состояние конкуренции оно же состояние гонок в потоке. Данное состояние возникает, когда несколько потоков в многопоточном приложении пытаются получить доступ к данным одновременно, и хотя бы один из потоков выполняет запись[1](Рис. 1)

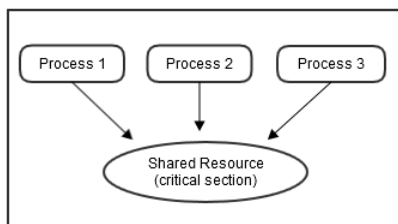


Рис. 1. Обращение процессов к одним данным

Состояние гонки можно определить как «неправильное поведение из-за неожиданных критических связей от относительной синхронизации событий» [2]. Обстоятельства состязания включают в себя один либо несколько процессов, обращающихся вместе к используемому ресурсу, причем доступ к ресурсу не контролируется.

В этих случаях результаты работы программ могут зависеть от очередности доступа потоков к критическим секциям, поэтому состояния гонки могут приводить при одинаковых исходных данных к различным и неизвестным результатам, которые сложно выявить в процессе эксплуатации программы. Последствия гонок могут проявляться через неопределенный промежуток времени и в совсем другой части приложений. Кроме того, ошибки такого рода очень сложно воссоздать еще раз с такими же условиями.

Дополнительная сложность обнаружения состояний гонки состоит в том, что они, обычно, не приводят к немедленному сбою и краху программы. Напротив, приложение продолжает работать с повреждёнными глобальными структурами данных, что приводит к некорректным полученным результатам.

Актуальность разработки и исследования методов обнаружения состояний гонки многопоточного программного обеспечения еще более возрастает при разработке параллельных программ для компьютерных систем управления, например, транспортных систем управления.

Для избегания и предотвращения гонок используются алгоритмы и методы синхронизации, позволяющие упорядочить правильно операции, выполняющиеся различными потоками данных[3]. Но средства синхронизации целесообразно применять только на участках программ, на которых есть риск возникновения состояний гонки, ибо избыточное использование средств синхронизации приводит к сериализации программ, т.е. снижению интерактивности и увеличению времени работы[4].

Поэтому актуальной задачей является разработка и применение методов и алгоритмов, позволяющих обнаруживать участки программного кода, на которых возможны состояния гонки.

Использование таких программ – детекторов должно стать обязательным этапом разработки и тестирования многопоточных программ, повышающим их надежность.

Целью работы является анализ возможностей основных алгоритмов и методов обнаружения состояний гонок в многопоточных программах и представление программного обеспечения для обнаружения состояний гонки.

Методы и алгоритмы поиска состояний делится на две большие группы - статические и динамические.

Статические алгоритмы - это анализ программного без исполнения самой программы.

Статический анализ в свою очередь делится на три основных типа это: потоко-нечувствительные, потоко-чувствительные статические версии алгоритмов и модели чувствительные к разбиению [7].

Проверка на основе статических методов это верификация верности работы программного кода на основе программы в виде графа потока управления, отображающий множество всевозможных путей решения данной программы [7,8]. Невозможно прогнозировать действия программ в случае с синхронными приложениями, потому что будет неизвестен входной набор функций и их значений для способа их вызова [8,9].

Таким образом, статические методы и алгоритмы сравнительно просты, но имеют невысокую надежность и могут пропускать критические секции или ложно указывать на эти секции.

Динамический методы и алгоритмы анализа - это анализ программного кода во время исполнения программы [8,9]. Динамический анализ распределен на 3 основные группы: порядковые, блокировочные и гибридные (Рис/ 2)

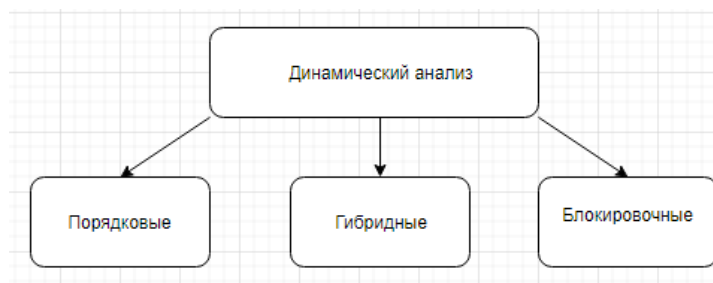


Рис. 2. Алгоритмы динамического анализа состояний гонки

В отличие от статического, динамический анализ производится по результатам конкретного запуска программы или кода [8]. Гонка, а точнее ее состояние может быть зафиксировано в динамическом анализе, только во время исполняемого файла программы или части кода который был выбран для анализа, тем самым это не дает никакой гарантии, что состояние гонок не сможет быть обнаружено в другой вариации программного кода при ее реализации [2].

Как было сказано ранее динамический анализ предполагает 3 основных группы: порядковые, блокировочные и гибридные(комбинированные) [9].

Динамические детекторы позволяют обнаруживать и локализовать широкий круг ошибок синхронизации. Но при разработке программ возникает множество различных ошибок, связанных с синхронизацией в приложениях. Чтобы устранить данные ошибки, нужно прибегнуть к методу прогнозирования. Прогнозирование - это метод предназначен для сбора конкретной информации о выполнении текущей программы, без остановки или изменения данных, лишь с небольшим вмешательством в её работу. Ошибки связанные с изменением данных другой задачей, тоже проблемно обнаружить с помощью данного метода.

Алгоритмы применяемые в наше время с помощью динамического анализа можно разделить на три группы.

Алгоритмы happens.-before – данная группа алгоритмов относится к одним из точных методов, основываясь на соблюдении порядка вызова различных потоков к участкам общей памяти. Однако как и у любого метода у нее есть свои минусы, они очень чувствительны к порядку выполнения инструкций в программе.

Следующая группа алгоритмов хоть и получает значительное количество неверных данных(т.е. выдают ситуации о гонках, которых может и не быть в реальности). Зато требует намного меньше ресурсов для своей реализации, нежели чем алгоритм happens-before. Такой группой является алгоритмы Lockset, в кратце их можно описать как "для каждой области памяти, существует своя переменная блокировка". Другими словами это алгоритмы, которые контролируют соответствие программ определенным правилам блокировки[4].

Алгоритмы смешанные *hyb.rid* – это алгоритмы, созданные путем комбинирования двух предыдущих алгоритмов. Например, уточнение результатов работы алгоритма *lockset* сможет воплощаться с помощью алгоритма *happens.-before*.

В качестве средства для динамического анализа выделим детектор Intel Thread Checker [10]. Данное средство предназначенное для динамического анализа, позволяет обнаруживать и исследовать некорректные случаи использования синхронизаций, таких как взаимоблокировки, гонки и остановки программы.

Результаты детектора Intel Thread Checker зависят от порядка в котором происходил доступ к различным потокам, количества входных данных и потоков. За счет этого он позволяет обнаруживать конфликты доступа в программах. Поэтому детекторы требуется многочисленные запуски программы.

Другой динамический детектор позволяет за счет исполнения своего анализа после завершения работы программы минимизировать накладные расходы путем записи данных о действиях. Данный детектор называется post-mortem approach он осуществляет поиск путем сбора информации программ.[10].

Главным отличием динамических детекторов от статических является то, что они проводят анализ только по тем дорожкам исполнения программы, которые были достигнуты во время работы программы.[11]

За счет того, что динамические методы применяются во время выполнения программы либо же после ее завершения, можно произвести симуляция исполнение той или иной задачи и предварительно установить состояние гонки или возможное место возникновения. Таким образом, динамические алгоритмы обладают преимуществом перед статическими, т.к. позволяют предсказывать состояние гонки. Это помогает пользователю обратить внимание на возможные состояния гонок в программе, пред исполнением главной задачи. Это преимущество является одним из ключевых при сравнении динамических и статических детекторов.

Если сравнивать алгоритмы lockset и happens-before – основные алгоритмы, которые используются сегодня, – то каждый имеет свои достоинства и недостатки [6,4]. Поэтому продуктивным подходом является использование комбинированных алгоритмов, основанные на двух из приведенных.

Ниже приведена сравнительная таблица результатов работы алгоритмов поиска состояний гонки основанных на динамических методах.

Таблица 1

Результаты работы алгоритмов поиска состояний гонки основанных на динамических методах

Алгоритм	Кол-во выполнения	Кол-во ошибок	Время выполнения(среднее)	Точность выявления гонок	Кол-во ложных срабатываний
Lockset	15	8	23,5 сек	9/15	8/15
Happens-before	15	5	36 сек	13/15	2/15
Hybrid	15	6	28 сек	10/15	6/15

Результаты анализа были проведены на одной и той же тестовой задаче. В данном варианте наиболее лучше себя показал метод Hybrid – метод на основе двух предыдущих.

Обоснована необходимость и обязательность тестирования многопоточных программ с целью обнаружения состояний гонки, как важнейшего этапа разработки надежного программного обеспечения.

Проведен сравнительный анализ возможностей статических и динамических алгоритмов обнаружения состояния гонки в многопоточных программах.

Обоснована перспективность применения динамических детекторов обнаружения состояний гонки в многопоточных программах.

Представлена таблица результатов работы различных алгоритмов динамического анализа поиска состояний гонки

Список литературы

1. Альфред В. Ахо, Моника С. Лам, Рави Сети, Джеффри Д. Ульман. Компиляторы: принципы, технологии и инструментарий: – 2-е изд. – М.: Вильямс, 2008. 184 с.

2. Netzer R. Race Condition Detection for Debugging Shared-Memory Parallel Programs. PhD Thesis, Madison, 1991. 109 p.
3. Одинцов И. Профессиональное программирование. Системный подход. БХВ-Петербург, 2006, 624 с.
4. Steven S. M. Advanced Compiler Design And Implementation, Morgan Kaufmann Publishers, July 1997. 880 p.
5. P. Barabanova and V. Zasov, "Modeling and Investigating a Race Condition Detection Algorithm for Multithread Computational Systems," 2019 XXI International Conference Complex Systems: Control and Modeling Problems (CSCMP), Samara, Russia, 2019, pp. 356-359. doi: 10.1109/CSCMP45713.2019.8976855.
6. Барабанова П. С., Засов В.А. Моделирование и исследование алгоритма обнаружения состояний гонки в многопоточных вычислительных системах// Труды XXI международной конференции «Проблемы управления и моделирования в сложных системах». - Самара ООО «Офорт». 2019, С. 195-198.
7. Трифанов В.Ю., Цителов Д.И. Динамические средства обнаружения гонок в параллельных программах //Компьютерные инструменты в образовании, №5, 2011. С. 3-15.
8. Динамический метод обнаружения гонки [Онлайн ресурс]- <https://www.math.spbu.ru/user/dkoznov/papers/vtrifanov.pdf>
9. Boehm H. Threads cannot be implemented as a library. In Proceedings of the 2005 ACM SIGPLAN conference on Programming language design and implementation, Vol. 40, Issue 6, June 2005. P. 261–268.
10. Elmas. T., Qadeer S., Tasiran S. Goldilocks: A Race and Transaction-Aware Java Runtime. In Proceedings of the 2007 ACM SIGPLAN Conference on Programming Language Design and Implementation (PLDI'07), 2007. P.245– 255.
11. Christiaens. M., Bosschere K. Accordion Clocks.: Logical Clocks for Data Race Detection Lecture Notes in Computer Science, Vol. 2150, 2001. P. 494–503.

УДК 004.942

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ДЕТЕРМИНИРОВАННЫХ И СТОХАСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОПТИМИЗАЦИИ

Кауров А. А.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. В работе представлены результаты анализа эффективности применения разных методов при поиске решения в задачах оптимизации. Сравниваются две группы методов: детерминированные и стохастические. Приведены экспериментальные зависимости времени поиска решения.

Ключевые слова: задача оптимизации, методы оптимизации, детерминированные, стохастические, функция Растргина, эволюционные алгоритмы, алгоритмы роя частиц, задача идентификации, экстремум функции, многоэкстремальный поиск, параллельные вычисления, показатели эффективности, вычислительные эксперименты, программный комплекс.

ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF THE APPLICATION OF DETERMINISTIC AND STOCHASTIC OPTIMIZATION METHODS

Kaurov A.A.

Samara, Samara state transport university

Abstract. This paper presents the results of the analysis of the effectiveness of applying different methods when searching for a solution in optimization problems. Two groups of methods are compared: deterministic and stochastic. Experimental dependences of the solution search time are given.

Keywords: optimization problem, optimization methods, deterministic optimization, stochastic optimization, Rastrigin Function, evolutionary algorithms, particle swarm algorithms, identification problem, function extremum, multi-extremum search, parallel programming, performance indicators, computational experiments, software package.

При решении конкретной задачи оптимизации прежде всего необходимо найти наилучший математический метод, приводящий к конечному результату с необходимыми показателями эффективности или же с наименьшей вычислительной сложностью [1]. Выбор метода оптимизации определяется постановкой задачи и используемой математической моделью объекта оптимизации.

Для выбора оптимального решения используется некоторая зависящая величина, называемая целевой функцией. Целевую функцию можно записать в виде

$$y = F(x_1, \dots, x_n),$$

где (x_1, \dots, x_n) характеризует размерность и степень сложности задачи оптимизации, а задача оптимизации заключается в определении 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.

Характер и параметры целевой функции ограничивают выбираемый метод математической оптимизации. Влияние таких характеристик как регулярность, гладкость и многоэкстремальность вносит большое разнообразие в классификацию методов оптимизации [2, 3].

Для линейных функций применяется линейное программирование и соответствующие методы нахождения решения. Нелинейные функции, для которых оптимум может находиться на границе, определенной ограничениями области, применяются методы выпуклого или целочисленного программирования [2, 3].

Функции, обладающие многоэкстремальностью, разрывами, то есть имеющие множество минимумов, усложняют задачу нахождения глобального минимума для детерминированных методов. Типичным примером такой функции является функция Растригина [4].

Подходящими алгоритмами для таких моделей будут стохастические методы оптимизации, использующие множество агентов поиска решения и случайности в процессе поиска решения. Стохастические методы можно разделить на две больших группы, эволюционные и популяционные алгоритмы оптимизации по признаку обращения с популяцией агентов [2,3].

Эволюционные алгоритмы моделируют процессы естественного отбора, к ним относится генетический алгоритм (Genetic Algorithm - GA) [2,3]. В популяционных алгоритмах особи обмениваются информацией через окружающую среду с помощью дополнительного вводимого объекта. К таким алгоритмам относятся, например, алгоритм роя частиц (Particle Swarm Optimization - PSO) и алгоритм колонии муравьёв (Ant Colony Optimization – ACO) [2,3].

Анализ эффективности применения детерминированных и стохастических алгоритмов будет проведён с помощью вычислительных экспериментов на разработанном программном комплексе [5, 6, 7].

Пример неявного преимущества детерминированных алгоритмов был получен экспериментальным путём в задаче идентификации.

Задача идентификации заключается в нахождении отношения вход-выход для параметров данной математической модели, что выражается нахождением экстремума целевой функции, после чего параметры модели будут использованы в системе управления [8].

Результаты компьютерного моделирования (рис. 1) получены для модели с заранее известными параметрами при $i = 32$ и наблюдении равномерного белого шума с дисперсией равной 0,08.

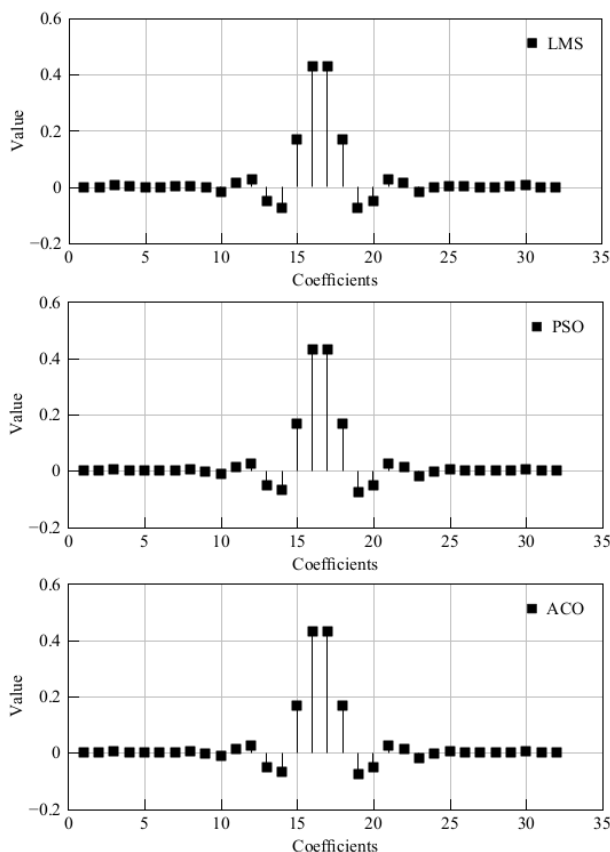


Рис. 1. Найденные коэффициенты

Полученные коэффициенты для алгоритма LMS и алгоритмов роя частиц имеют одинаковый порядок, среднее абсолютное отклонение для ACO и PSO алгоритма около 2-3%, и около 2.5% для адаптивного алгоритма. Эволюционные алгоритмы имеют двукратное преимущество во времени идентификации объекта и преимущество нарастает с увеличением числа параметров объекта.

Однако, в данном вычислительном эксперименте, алгоритмы роя частиц использовали множество ядер видеоадаптера, тогда как адаптивный фильтр использовал ресурсы CPU с 4-мя физическими ядрами. Разница в вычислительном устройстве обуславливает высокую сложность программирования эволюционных и популяционных алгоритмов, потребность в специализированном видеоадаптере с поддержкой технологии CUDA и достаточным числом специальных исполнительных ядер. В то же время, алгоритм LMS выполняется на центральном процессоре компьютера, не обладает зависимостью от определенного производителя процессоров и от определенных версий программного обеспечения.

Преимущество эволюционных алгоритмов и алгоритмов роя частиц было рассмотрено на показателе устойчивости решения, который измеряется количеством последовательно полученных экстремума функции Растргина (50 итераций) [4] с заданной относительной погрешностью 1×10^{-3} .

Полученные экспериментальные зависимости представлены на рис. 2

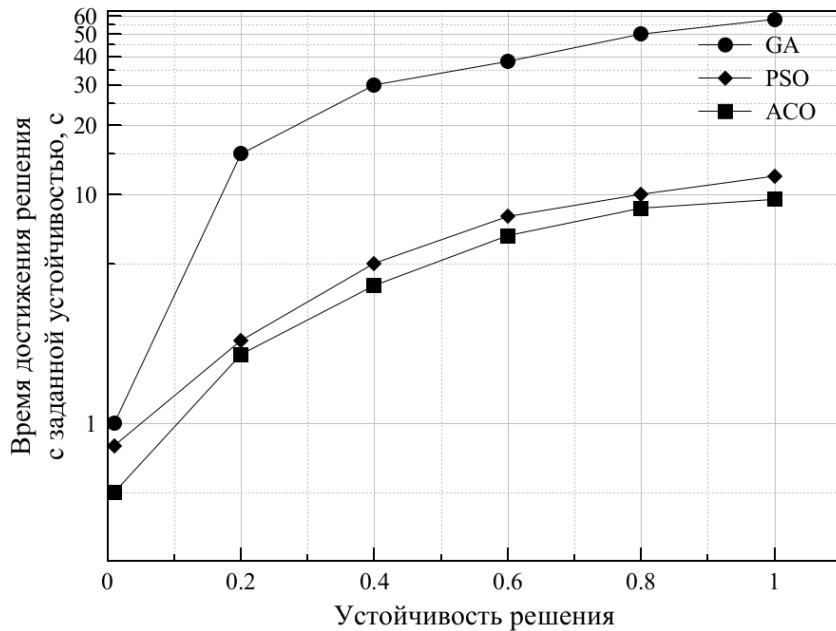


Рис. 2. Время достижения решения с заданной устойчивостью от относительной устойчивости решения

Популяционные и эволюционные алгоритмы достигают устойчивого решения с заданной погрешностью и за приемлемое время, тогда как метод Левенберга-Марквардта останавливается в локальных минимумах во всех проведенных экспериментах, что показывает явное преимущество алгоритмов GA, PSO и ACO.

Список литературы

1. Гирсанов И. В. Лекции по математической теории экстремальных задач. — М.; Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2003. — 118 с. — ISBN 5-93972-272-5.
2. Матренин П.В., Гриф М.Г., Секаев В.Г. Методы стохастической оптимизации: учебное пособие. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2016. – 67 с.
3. Карпенко А.П. Современные алгоритмы поисковой оптимизации. Алгоритмы вдохновленные природой: учебное пособие. – М: Изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017. – 446 с.
4. Haupt, Randy L. Haupt, Sue Ellen. Practical genetic algorithms. - New York : J. Wiley, 2004. - 272 p.
5. Voronukhin M., Zasov V. Investigating the Efficiency of Parallel Algorithms for Stochastic Optimization //Proceedings of XXI-st International Conference Complex Systems “Control and Modeling Problems (CSCMP)”. – Samara, Russia, 2019, pp. 281-285.
6. Воронухин М.Е., Засов В.А. Исследование эффективности параллельных алгоритмов стохастической оптимизации //Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Труды XXI Международной конф., Самара: Изд, Офорт, 2019. - С.121-131.
7. Kaurov A. A., Zasov V. A., Kabizhskiy D.S. Efficiency Indicators of Certain Parallel Population-Based Optimization Algorithms //Lecture Notes in Networks and Systems, LNNS, Vol.330. - Springer Nature Switzerland, 2022. pp. 237-245.
8. Prokhorov, A., Lysachev, M.: Digital twin. Analysis, trends, world experience. – М.: AlliansPrint LLC, 2020. 401p.

МЕТОД БЕСКОНТАКТНОГО МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Колтыгин Д.С., Седова В.В., Четвертнов А.С.

Братск, Братский Государственный Университет

Аннотация. В статье рассматриваются основные подходы, связанные с разработкой мониторинга технического состояния электрооборудования систем электроснабжения. Указаны основные ограничения и недостатки действующих систем мониторинга и диагностики электрооборудования, снижающих эффективность функционирования электрооборудования. Определены актуальные проблемы электрооборудования. Описывается сущность и подход метода бесконтактного мониторинга за техническим состоянием электрооборудования. Представлено возможное расположение датчика магнитного поля и принцип действия установки. Выявлены достоинства реализации разработанного метода бесконтактного мониторинга. Сформулировано основное направление развития систем бесконтактного мониторинга технического состояния электрооборудования промышленных комплексов.

Ключевые слова: электрооборудование, диспетчерское управление, бесконтактный мониторинг, методы неразрушающего контроля, диагностирование, техническое состояние, анализ, датчики, магнитное поле, идентификация

METHOD OF NON-CONTACT MONITORING OF THE TECHNICAL CONDITION OF ELECTRICAL EQUIPMENT

Koltygin D.S., Sedova V.V., Chetvertnov A.S.

Bratsk, Bratsk State University

Abstract. The article discusses the main approaches related to the development of monitoring the technical condition of the electrical equipment of power supply systems. The main limitations and shortcomings of the existing systems for monitoring and diagnosing electrical equipment, which reduce the efficiency of electrical equipment, are indicated. The actual problems of electrical equipment are determined. The essence and approach of the method of non-contact monitoring of the technical condition of electrical equipment are described. The possible location of the magnetic field sensor and the principle of operation of the installation are presented. The advantages of implementing the developed method of non-contact monitoring are revealed. The main direction of development of systems for non-contact monitoring of the technical condition of electrical equipment of industrial complexes is formulated.

Keywords: electrical equipment, dispatch control, non-contact monitoring, non-destructive testing methods, diagnostics, technical condition, analysis, sensors, magnetic field, identification

Одним из основных элементов системы управления является контроль за техническим состоянием электрооборудования систем электроснабжения. Работа системы управления без сомнения обязана быть эффективной, для обеспечения этого необходимо, чтобы информация о техническом состоянии электрооборудования за доли секунды предоставлялась оператору [1]. Существуют различные возмущающие факторы, оказывающие негативное влияние на эффективность и надежность функционирования систем электроснабжения. Эта проблема актуальна для всех энергетических компаний. Сложившаяся к настоящему моменту ситуация разрушения оборудования характеризуется тем фактом, что большинство электростанций, предназначенных для базовой эксплуатации, используются в полупиковых и пиковых режимах большое количество лет, что в свою очередь, вынуждает оборудование работать при изменяющихся температуре и механических нагрузках. Это приводит к образованию различных видов дефектов. Длительный срок службы и усталость оборудования приводят к тому, что управление техническим состоянием становится не эффективным, а ремонтные работы по устранению возникающих неисправностей проводятся все чаще [2].

Для решения этой проблемы необходимо дальнейшее совершенствование систем идентификации и мониторинга технического состояния электрооборудования.

В данной статье, рассматриваются методы неразрушающего контроля, являющиеся одними из наиболее эффективных способов получения оперативной диагностической информации о исправности электрооборудования. Существуют различные методы неразрушающего контроля и диагностирования электрооборудования [3], к ним относятся:

1. Термоэлектрический метод – основан на регистрации величины термоконтроля э.д.с;
2. Электропотенциальный метод – основан на регистрации распределения контроля потенциалов;
3. Электроемкостный метод – основан на регистрации емкости участка объекта контроля;
4. Электропараметрический – основан на регистрации электрических характеристик объекта контроля.
5. Электроискровой метод – основан на регистрации возникновения контроля электрического пробоя и (или) изменений его параметров в окружающей объект контроля среде или на его участке.
6. Метод рекомбинационного излучения – основан на регистрации излучения рекомбинационного излучения p-n переходов в полупроводниковых.
7. Метод экзоэлектронной эмиссии – основан на регистрации экзоэлектронов, эмитированных поверхностью контролируемого объекта при приложении к нему внешнего стимулирующего воздействия.

Для обеспечения надежной и безопасной эксплуатации электроустановок целесообразно применение именно подобных методов неразрушающего контроля и диагностики. Они позволяют осуществлять мониторинг и анализ состояния электрооборудования, а также оперативно выявлять возникающие неисправности и, в следствии, предотвращать возможные сбои без кардинальной разборки или временного отключения оборудования. В результате, необходимость вносить изменения в составные части устройства исключается, это, в свою очередь, позволяет сохранять качество вместе с параметрами и характеристиками электрооборудования.

Методы бесконтактного неразрушающего контроля выявляют скрытые дефекты или особенности по косвенным признакам, что позволяет избежать аварий и катастроф.

Для осуществления бесконтактного контроля за техническим состоянием электрооборудования, предлагается использовать закономерности изменения внешних магнитных полей, связанных с процессом потребления тока. В этом случае датчики магнитного поля монтируются на электропитающих проводах.

По этой причине, можно выполнять высокочувствительный контроль и анализ состояния электрооборудования, при этом решение о месторасположении и ориентации датчиков не вызовет практически никаких проблем.

Суть рассматриваемого способа – регистрация внешнего магнитного поля с помощью датчиков магнитного поля. Принцип работы подобных датчиков заключается в предоставлении информации в виде изменения выходного напряжения или сопротивления, после преобразования энергии магнитного поля в электрическую. Как было сказано ранее, решение об их расположении не должно вызывать затруднений – датчики магнитного поля (ДМП) можно подключать к токопроводам, устанавливая как вблизи электрооборудования, так и в любых других местах удобных для размещения.

На рисунке 1 показан вариант установки датчика магнитного поля [4]. На схеме показан микроиндуктивный соленоид-концентратор. Он включается в цепь между источником питания (ИП) и электрооборудованием (ЭО). Микроиндуктивный соленоид-концентратор состоит из корпуса (1) с намотанными на нем витками питающего провода (2). Датчик магнитного поля (3) расположен внутри соленоида. Его выход подключен к диагностическому устройству (ДУ). Ввиду этого, кинетика выходного сигнала датчика в точности повторяет кинетику тока.

Сигнал от ДУ отправляется на рабочее место оператора через коммутаторы Ethernet для связи с контроллерами. Этот уровень управления выполняет следующие задачи:

- обмен данными с программируемым логическим контроллером (ПЛК);

- отображение информации на экране;
- ведение базы данных технологической информации в режиме реального времени;
- аварийная сигнализация и управление тревожными сообщениями;
- подготовка и формирование отчетов о ходе технологического процесса.

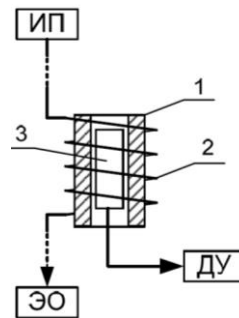


Рис. 1. Вариант установки датчика магнитного поля

В ходе исследований был синтезирован негармонический сигнал, который показан на рисунке 2, а, и гармоническое составляющее, изображенное на рисунке 2, б. Результаты, которые удалось получить, показывают характеристику сигнала с выхода датчика магнитного поля.

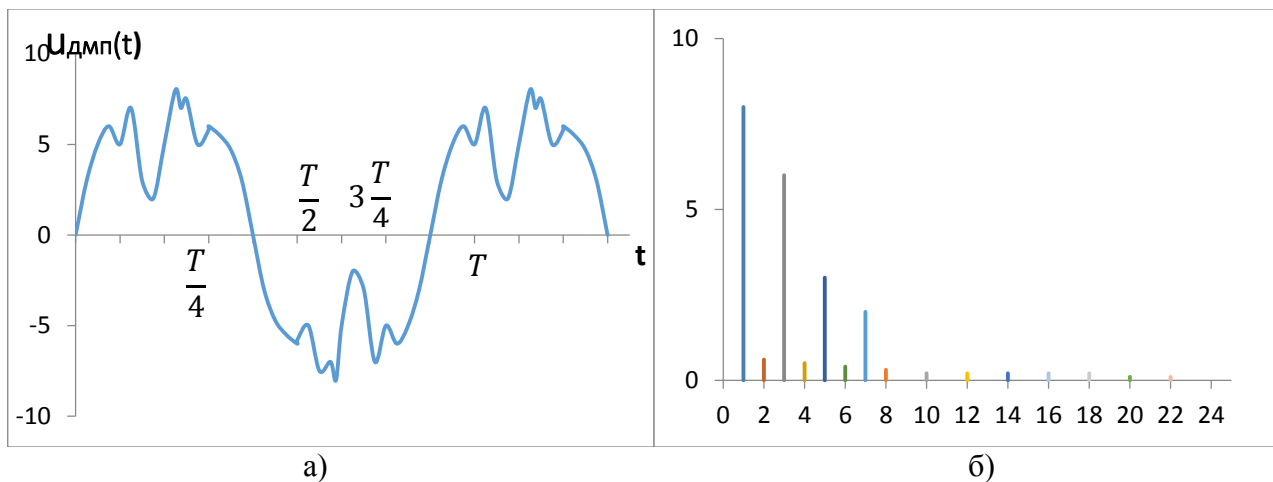


Рис. 2. Сигнал с выхода датчика магнитного поля

Электрооборудование потребляет электрическую энергию в процессе работы. Если питание подается от источника напряжения $u(t)$, то количество потребляемой энергии связано с током и находится по формуле:

$$w(t) = \int_0^T u(t) * i[t, u(t)] dt , \quad (1)$$

где $w(t)$ – потребленная за время T энергия; $u(t)$ – мгновенное значение питающего напряжения; $i[t, u(t)]$ – мгновенное значение потребляемого тока.

Согласно термодинамике, эта энергия употребляется для реализации определенной работы электрического оборудования и для изменения внутренней энергии материала устройства. Большая масса электроустановок приводит к медленному (по сравнению с периодом работы питающего напряжения) изменению температуры и соответствует установившемуся тепловому равновесию [4]. Обобщая все сказанное, следует полагать, что теплоту установившегося режима ΔQ можно считать неизменной, т.е. постоянной, величиной и 1-ый закон термодинамики воспримет вид:

$$\int_0^T u(t) * i[t, u(t)] dt = \int_0^T P(t) dt + \Delta Q , \quad (2)$$

где $P(t)$ – мгновенное значение полезной мощности ЭО.

Мощность в данном случае связана с затратами энергии на формирование управляющих сигналов и другие операции внутри электрооборудования. Отсюда следует вывод, что мощность представляет собой сложную функцию времени, отражающую как режим работы электрооборудования, так и его техническое состояние:

$$P(t) = P[F_1(t), F_2(t), \dots F_n(t)] , \quad (3)$$

где функции $F_n(t)$ отражают индивидуальные особенности электрооборудования, связанные с его техническим состоянием и режимами работы.

После проведения дифференцирования получаем:

$$u(t) * i[t, u(t)] = P[F_1(t), F_2(t), \dots F_n(t)] + P_{менл} , \quad (4)$$

где $P_{менл}$ – мощность тепловых процессов, сопровождающих работу электрооборудования, отражающая его техническое состояние.

Если мгновенное значение питающего напряжения $u(t)$ будет определяться внешними факторами, то в зависимости $i[t, u(t)]$ должна концентрироваться полная информация о техническом состоянии электрооборудования и его работе, так как она определяется совокупностью составляющих $F_n(t)$.

Последнее утверждение лежит в основе изучаемого метода, т.е. с помощью анализа характера изменения формы тока, потребляемого электрооборудования (зависимости $i[t, u(t)]$), называемой кинетикой токопотребления или кинетикой тока, можно получать информацию о режимах работы и техническом состоянии электрооборудования в кратчайшие сроки.

Сущность вышеизложенного сводится к следующему, исследуемый в статье метод бесконтактного мониторинга решает проблему несвоевременного контроля, приводящего к искажению и недостоверности информации. С его помощью, оператор получает достоверную информацию с незначительными задержками во времени. Таким образом, способ может реализовать стратегии эксплуатации систем электроснабжения промышленных комплексов по их техническому состоянию.

Следует напомнить, что методы бесконтактного неразрушающего контроля также позволяют выявлять скрытые дефекты или особенности на ранних стадиях по косвенным признакам, а это позволяет предотвращать любые аварии или катастрофы. Этот метод наиболее эффективен для получения диагностической информации о состоянии электрооборудования в режиме реального времени.

Методы бесконтактного мониторинга и диагностирования обладают большим количеством достоинств, такими как:

- простота метода диагностики;
- не требует временного отключения электрооборудования;
- высокая достоверность диагностических заключений;
- обеспечение диспетчеров систем электроснабжения промышленных комплексов объективной информацией;
- высокая точность местоположения дефектов;
- решение проблем предотвращения внезапных усталостных разрушений;
- снижение вероятности возникновения аварийных ситуаций, незапланированных отключений и простоев.

Список литературы:

1. Колтыгин, Д. С., Седелников, И. А. Концепция системы мониторинга электрооборудования распределенной электросети / Естественные и технические науки: опыт, проблемы, перспективы: сборник статей II Международной научно-практической конференции. – Ставрополь: Логос, 2016. – 141 с.
2. Дарьян Л. Автоматизированная система мониторинга и диагностики оборудования подстанции. Часть 1. Общие технические требования / Л. Дарьян, Р. Образцов, Е. Ильина, К. Сипачёв // Электроэнергия. Передача и распределение. – №1(28). – 2015. – С. 82-88.
3. Диагностика и мониторинг высоковольтного оборудования. Современные технические и программные решения. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://marketelectro.ru/node/diagnostika-i-monitoring-vysokovoltnogo-oborudovaniya> (дата обращения: 04.06.21)
4. Будко П.А., Литвинов А.И. Метод бесконтактного мониторинга технического состояния электрооборудования систем электроснабжения промышленных комплексов/ XII Всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ-2014. – Москва, 2014. – 7001-7011 с.

УДК 681.51

ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Ульянов А.Д.

Братск, Братский государственный университет

Аннотация. В статье приводятся предпосылки для формирования автоматических систем диагностирования промышленных объектов. Так же обозначается ряд задач необходимых для разработки качественной автоматической системы. Рассматривается поэтапное решение всех обозначенных задач. Приводиться пример реализации автоматической системы диагностирования с использованием метода вторичной идентификации и резонансного диагностирования колебательных промышленных объектов.

Ключевые слова: автоматическая система диагностирования, метод вторичной идентификации, резонансный метод диагностирования.

FORMATION OF AN AUTOMATIC DIAGNOSTICS SYSTEM FOR INDUSTRIAL FACILITIES

Ulyanov A.D.

Bratsk, Bratsk State University

Abstract. The article presents the prerequisites for the formation of automatic systems for diagnosing industrial facilities. A number of tasks necessary for the development of a high-quality automatic system are also indicated. A step-by-step solution of all designated tasks is considered. An example of the implementation of an automatic diagnostic system using the method of secondary identification and resonance diagnostics of oscillatory industrial objects is given.

Keywords: Automatic diagnostic system, secondary identification method, resonant diagnostic method

Введение. В современной промышленности определение степени износа промышленных объектов (ПО) и прогнозирование ремонтных работ является первостепенной задачей. Своевременный ремонт позволяет значительно снизить финансовые издержки предприятия, а прогнозирования постепенных отказов – спланировать график ремонтных работ. Поэтому разработка автоматических систем диагностирования имеет высокое практическое значение. [1]

Электромеханические, механические и гидромеханические объекты составляют основу современной промышленности, а их состояние определяет экономическую эффективность, конкурентоспособность и безопасность того или иного предприятия. Инженерами и учеными уделяется достаточно серьезное внимание разработке и исследованию прикладных методов диагностирования этих объектов.[2]

Постановка задачи.

Для формирования автоматической системы диагностирования необходимо решить следующие задачи:

1. Разработать метод идентификации дающий требуемую идентичность математической модели с объектом исследования, учитывающий составную запаздывания;
2. Разработать метод определения устойчивости исследуемой системы автоматического регулирования и метод определения параметров настройки регулятора;
3. Разработать метод диагностики способный сократить время поиска неисправности и увеличивающий точность поставленного диагноза.

Методы решения поставленных задач. ПО с запаздыванием, как сложная динамическая система, содержат многообразие элементов разной природы (механические, пневматические, гидравлические, электрические и т.д.). Каждый из этих элементов может быть квазилинейным или нелинейным, дискретным или непрерывным, стационарным или нестационарным, но всегда в них будет присутствовать запаздывание выходного сигнала по отношению к входному. Поэтому при разработке или использовании уже существующих методов и алгоритмов идентификации и диагностики необходимо это учитывать для увеличения глубины и достоверности формируемого диагноза ПО с запаздыванием.

Необходимым условием при решении задач синтеза и диагностики ПО является процесс их идентификации. Причем при синтезе ПО возможны, а порой и необходимы различного рода допущения, направленные на упрощение математической модели с целью получения конструктивного результата.

При разработке алгоритмов диагностирования ПО желательно избегать любых допущений, так как точность идентификации всецело определяет глубину и достоверность формируемого диагноза, то есть, процесс глубокой и точной идентификации ПО является основополагающим при разработке алгоритмов их диагностирования, обеспечивающих необходимую достоверность формируемого диагноза.

Для увеличения идентичности экспериментальной и расчетной характеристик объектов исследования предлагается использовать метод вторичной идентификации. [3,4]

Сущность метода заключается в достижении максимальной идентичности экспериментальной и расчетной переходных характеристик. Степень их идентичности определяется величиной суммарной абсолютной погрешности

$$S_m = \sum_{i=1}^n |h_p(t_i) - h_{\text{э}}(t_i)| \rightarrow \min ,$$

которая является целевой функцией процессов первичной и вторичной идентификаций расчетной и экспериментальной переходных характеристик.

Точность идентификации определяется величиной относительной ошибки

$$\Delta = \frac{S_m}{\sum_{i=1}^n h_p(t_i)} \cdot 100\%$$

Пример проведения идентификации представлен на рисунке 1.

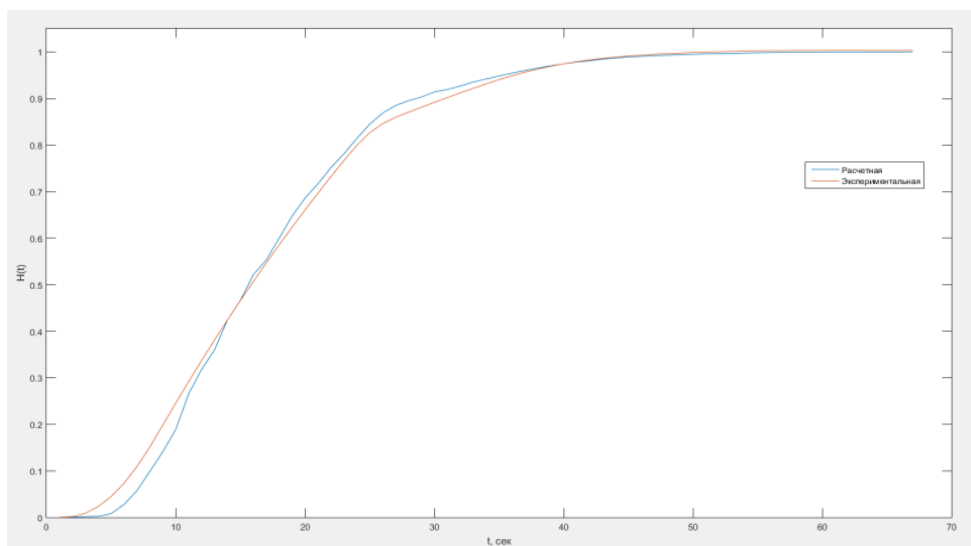


Рис. 1. Пример идентификации гидрогенератора Братской ГЭС методом вторичной идентификации

Для проведения диагностирования ПО предлагается использовать резонансный метод диагностирования колебательных промышленных объектов. [5]

Резонансные методы диагностирования, если они допустимы по техническим условиям, позволяют существенно оптимизировать стратегию поиска постепенных отказов. [6]

Сущность резонансного метода диагностирования КПО на классическом примере RLC-контура с передаточной функцией

$$W(p) = \frac{1}{T_2^2 p^2 + T_1 p + 1},$$

где $T_2^2 = LC$, $T_1 = RC$, при $T_1 < 2T_2$;

Алгоритм диагностирования выглядит следующим образом:

1. Определить резонансную частоту контура f расчетным или экспериментальным способом.

2. Определить постоянную времени T_2 по формуле $T_2 = \frac{1}{2\pi f}$ при условии $T_2 \gg T_1$.

3. Определить постоянную времени T_1 по формуле $T_1 = \frac{1}{2\pi f W(f)}$.

4. Подключить конденсатор с известной ёмкостью C_0 (метод пробных подключений) параллельно конденсатору C .

5. Определить новую резонансную частоту контура f_0 .

6. Определить постоянную времени T_{20} по формуле $T_{20} = \frac{1}{2\pi f_0}$.

7. Определить значения структурных параметров R , L и C по формулам $R = \frac{T_1}{C}$, $L = \frac{T_{20}^2 - T_2^2}{C_0}$, $C = \frac{T_2^2}{T_{20}^2 - T_2^2} C_0$.

Диагноз (прогноз) формируется на основании анализа значений структурных параметров RLC-контура.

На основе предложенных методов была разработана автоматическая система диагностирования и мониторинга колебательных промышленных объектов с запаздыванием. Обобщенная функциональная модель системы представлена на слайде

Автоматическая система диагностирования и мониторинга [7,8] реализована как программа «Диагностика промышленных объектов». Программа написана на языке VisualBasic из пакета VisualStudio 2013 с использованием NET.Framework 3.5 в качестве основы визуализации и определения набора базовых библиотек инструментов и пакета Matlab для расчётов. Структура программы представлена на рисунке 2.

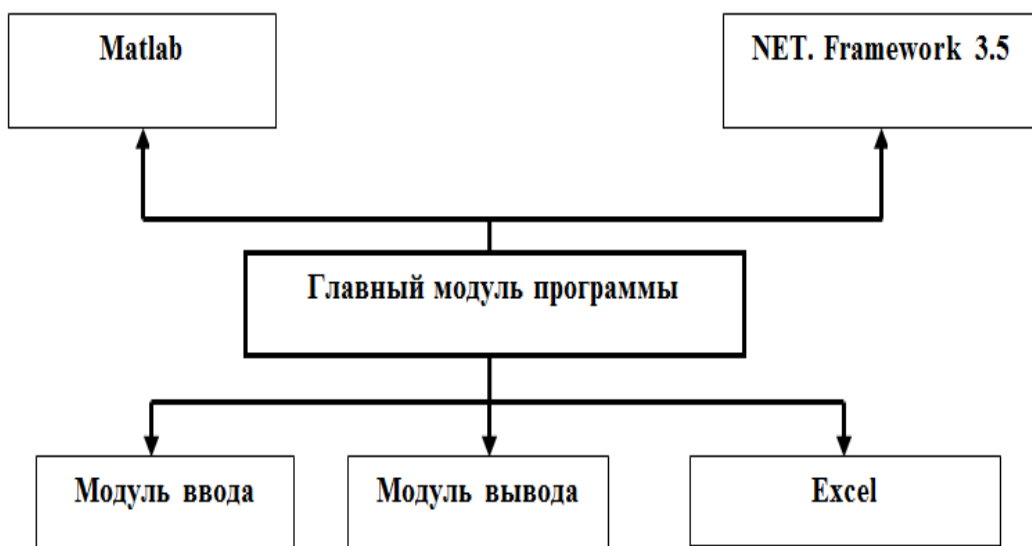


Рис. 2. Структура автоматической системы диагностирования

Входными данными являются: номинальные параметры системы зажигания, амплитудно-фазовая частотная характеристика системы до и после пробных подключений. Пример рабочего окна программы представлен на рисунке 3.

W = $73306 p^4 + 16195 p^3 + 356174 p^2 + 886818 p + 196240$

Найденные параметры	
Частота 1	2960.2
7.32	45857.0
Частота 2	2415.5
67.5	461033.0

Масса подвески: 92,5
 Масса не подвески: 792,5
 Жесткость шин: 440000
 Жесткость рессор: 44600

Buttons: Ввести данные, Ввести резонансные частоты, Получить результаты, Подвеска, Записать данные

Рис. 3. Пример формы для диагностирования подвески

При выходе значений параметров за допустимые пределы срабатывает сигнализация в виде сообщения.

Разработанная система позволяет произвести диагностирование колебательных промышленных объектов в режиме их нормального функционирования.

Результаты. В ходе проведения исследования были получены данные, позволяющие повысить точность диагностической информации за счёт снижения погрешности параметрической идентификации и применения новых методов диагностирования ПО, а также была разработана автоматическая система диагностирования.

Рассмотренные методы вторичной идентификации и резонансного диагностирования промышленных колебательных объектов успешно реализованы в автоматической системе диагностирования колебательных промышленных объектов с запаздыванием. При незначительной модернизации предложенная автоматическая система может быть использована и на других промышленных объектах, допускающих использование разработанного метода резонансного диагностирования колебательных промышленных объектов.

Список литературы

1. Ульянов А.Д. Методология формирования алгоритмов идентификации и диагностирования аналоговых промышленных объектов. Ульянов А.Д., Лузгин В.В. Системы. Методы. Технологии.- 2013. - №3(19).- с. 96-100
2. Ульянов А.Д. Перспективные методы и алгоритмы диагностирования аналоговых промышленных объектов. Ульянов А.Д., Лузгин В.В. Труды Братского государственного университета: Серия: Естественные и инженерные науки: в 2 т. – Братск : Изд-во БрГУ, 2013. – 254 с.
3. Schrama R.J.P. Approximate identification and control design with application to a mechanical system: Diss. – Delft, 1992. – XVI, 276 p.
4. Ульянов А.Д. Методы идентификации и диагностики промышленных объектов : монография / В. В. Лузгин, А. Д. Ульянов. - Братск : БрГУ, 2017. - 146 с
5. Ulanov A.D. Applied Method for Identification and Diagnosis of Automatic DC-Motor Speed Control Systems. 2019 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM). IEEE , March 2019. P. 8743003
6. Ульянов А.Д. Резонансный метод диагностирования колебательных промышленных объектов. Ульянов А.Д., Лузгин В.В. Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2015. - №1 (40) С. 42-45
7. Ульянов А.Д. Автоматизированная система диагностики и мониторинга колебательных объектов. Ульянов А.Д., Колтыгин Д.С., Седельников И.А. Автоматизация в промышленности. 2020. № 4. С. 12-18.
8. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2019667480. Диагностика промышленных объектов / А.Д. Ульянов, Д.С. Колтыгин, И.А. Седельников. – Заявка №2019663790. Дата поступления 21 октября 2019 г. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 24 декабря 2019

СЕКЦИЯ 2

Мехатроника и робототехника на транспорте

УДК 681.521.35, 519.576.21

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ ПРИВОДА МЕХАНИЗМА ПОВОРОТА ЭКСКАВАТОРА

Антонова В.В.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. В данной работе представлено имитационное моделирование гидравлической принципиальной схемы привода механизма поворота экскаватора, применяемого в строительной, дорожно-строительной и горнодобывающей отраслях. Имитационная модель была выполнена на базе пакета Fluidsim 4 библиотеки Hydraulic фирмы «Festo».

Ключевые слова: привод механизма поворота экскаватора, имитационная модель, переходные процессы, гидравлическая принципиальная схема, fluidsim.

MODELING OF THE HYDRAULIC SCHEMATIC DIAGRAM OF THE EXCAVATOR ROTATION MECHANISM DRIVE

Antonova V.V

Abstract: this paper presents a simulation of a hydraulic schematic diagram of the drive of the excavator rotation mechanism used in the construction, road construction and mining industries. The simulation model was made on the basis of the Fluidsim 4 package of the Hydraulic library of the company "Festo".

Keywords: excavator rotation mechanism drive, simulation model, transients, hydraulic circuit diagram, fluidsim.

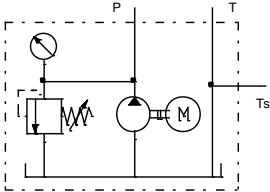
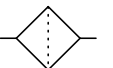
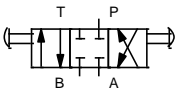

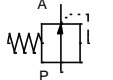

Одной из актуальных проблем в настоящее время являются машины, применяемые в горнодобывающей отрасли, а также строительстве. Экскаватор – землеройная машина, оснащенная ковшом и состоящая из ходового, силового и рабочего оборудования. Важным взаимосвязанным звеном в экскаваторе является поворот рабочего оборудования, которое обеспечивает мобильность, тем самым, оптимизируя скорость выполнения работ. При помощи поворотной колонны или всей платформы, в зависимости от типа экскаватора, осуществляется поворот рабочего оборудования к месту выгрузки ковша и обратный поворот к разрабатываемому забою. Поворот затрачивает около 60-70% времени рабочего цикла, тем самым существенно влияя на его общую продолжительность. В неполноповоротных машинах приводом механизма является гидроцилиндр, а полноповоротный, в свою очередь, оснащен гидромотором [1].

В работе рассматривается гидравлическая принципиальная схема привода механизма поворота полноповоротного экскаватора, оснащенного гидромотором. Данная принципиальная схема была построена на базе пакета Fluidsim 4 библиотеки Hydraulic [2-7].

Гидравлическая принципиальная схема привода механизма поворота экскаватора состоит из следующих блоков: насосная станция, фильтр, моностабильный распределитель 4/3 с кнопочным управлением, дроссельный клапан, редуцирующий клапан давления с пружинным механизмом, гидромотор. Подробное описание элементов имитационной модели представлено в таблице 1.

Работа имитационной модели гидравлической системы управления привода механизма поворота экскаватора осуществляется в несколько этапов.

Элементы имитационной модели гидравлической системы

№п/п	Условное обозначение	Обозначение на схеме	Название
1	NS1		Насосная станция
2	F1		Фильтр
3	GR1		Моностабильный распределитель 4/3 с кнопочным управлением
4	DK1		Регулируемый дроссельный клапан
5	RK1, RK2		Редукционный клапан давления с пружинным механизмом
6	HM1		Гидромотор

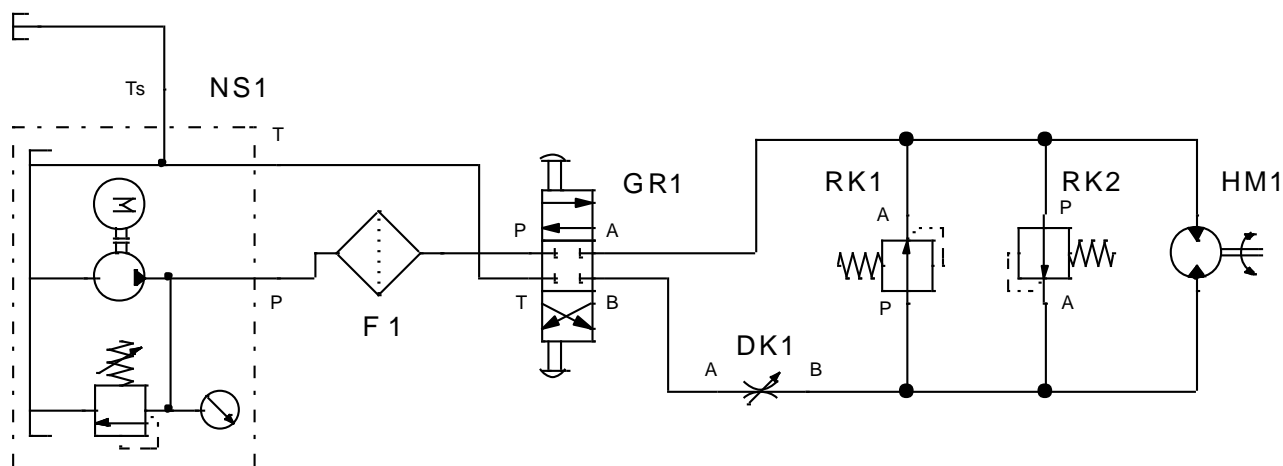


Рис. 1. Имитационная модель гидравлической системы управления привода механизма поворота экскаватора

Этап 1. Насосная станция (NS1 на рисунке 1) подает рабочую жидкость под давлением к моностабильному распределителю 4/3 с кнопочным управлением (GR1 на рисунке 1), предварительно пройдя процедуру очистки через фильтр (F1 на рисунке 1).

Этап 2. На распределитель подается сигнал посредством нажатия кнопки с фиксацией. Рабочая жидкость проходит через дроссельный клапан, который регулирует сечение пропускной способности, тем самым, напрямую влияя на гидромотор и редукционные клапаны давления жидкости с пружинным механизмом, в следствие чего, подается на гидромотор, приводя его в действие.

Этап 3. Аналогично, описанными во втором этапе действиям, гидромотор приводится в движение, путем воздействия на вторую кнопку с фиксацией, предварительно сняв воздействие с первой. В ходе выполнения данных условий, гидромотор меняет направление движения в обратную сторону.

Этап 4. Для получения исходного состояния системы, снимается воздействие со второй кнопки с фиксацией, тем самым процесс циркуляции жидкости прекращается.

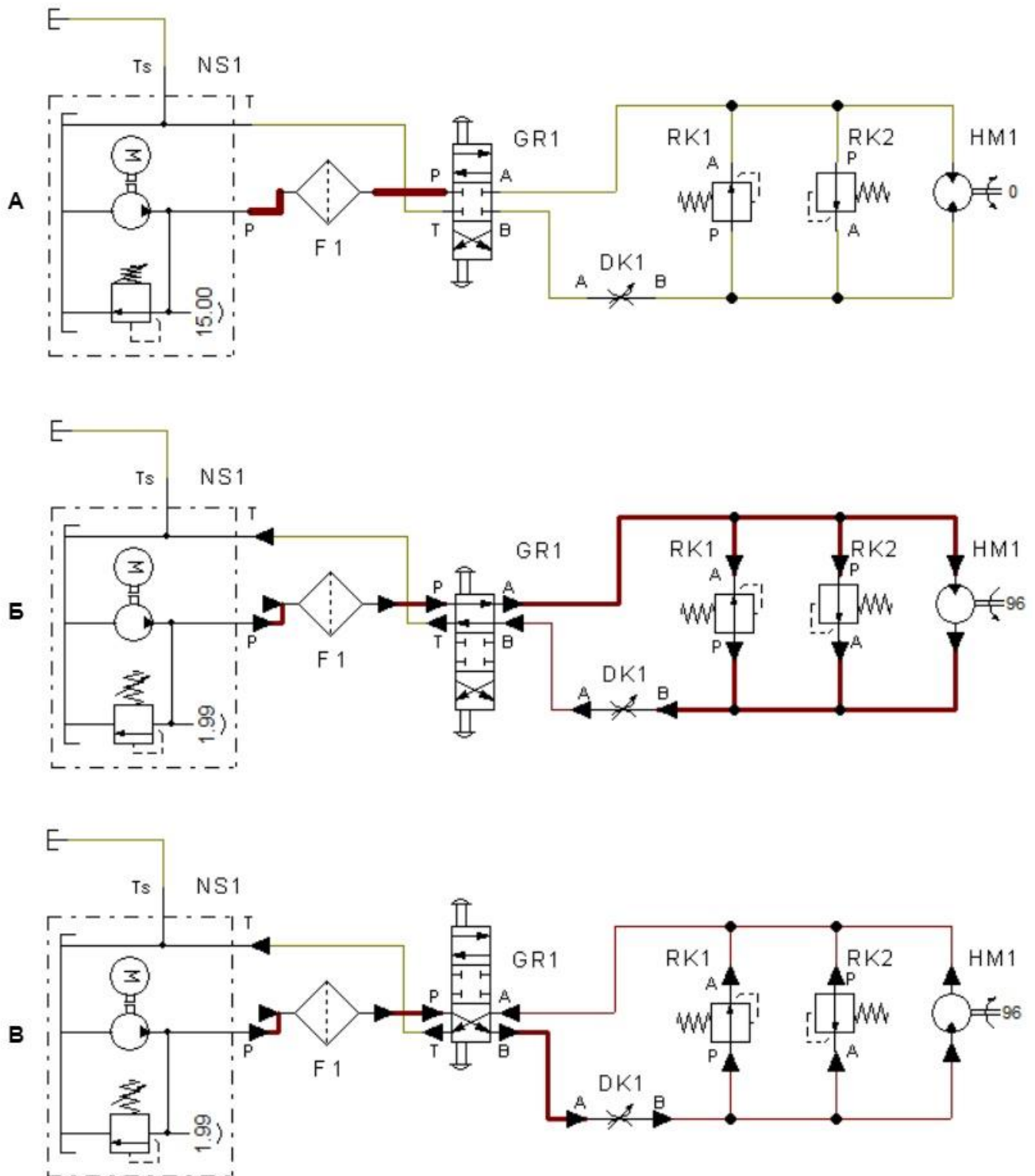


Рис. 2. Процесс работы имитационной модели: А – Начальное состояние системы; Б – Первый рабочий процесс системы; В – Второй рабочий процесс системы

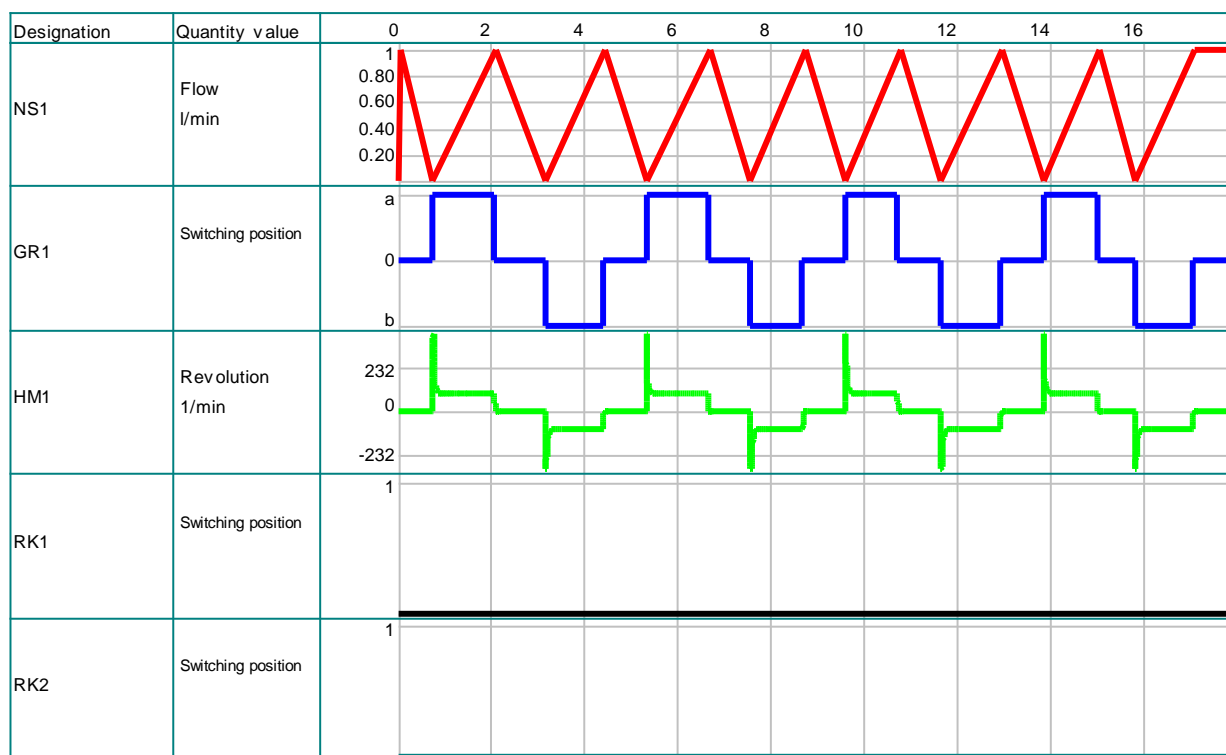


Рис. 3. Переходные процессы работы имитационной модели гидравлической системы управления привода механизма поворота экскаватора: «NS1, Flow l/min» – расход рабочей жидкости, л/мин; «GR1, Switching position» – положения переключателя моностабильного распределителя 4/3 с кнопочным управлением; «HM1, Revolution l/min» – количество оборотов, л/мин; «RK1, RK2, Switching position» – положение редукционного клапана давления с пружинным механизмом

В ходе имитационного моделирования гидравлической принципиальной схемы привода механизма поворота экскаватора были получены переходные процессы: «NS1, Flow l/min» – расход рабочей жидкости, л/мин; «GR1, Switching position» – положения переключателя моностабильного распределителя 4/3 с кнопочным управлением; «HM1, Revolution l/min» – количество оборотов, л/мин; «RK1, RK2, Switching position» – положение редукционного клапана давления с пружинным механизмом.

Данная имитационная модель привода механизма поворота экскаватора имеет переходные процессы, которые соответствуют реальному режиму работы и может найти применение в технических вузах для изучения работы поворотного механизма полноповоротного экскаватора.

Список литературы

1. Симанин И.А., Сазанов И.И. Гидравлика. Типовое проектирование гидравлического привода технологического оборудования: Учеб, пособие. Пенза: Изд-во Пенз. гос. техн. ун-та, 2013.
2. FESTO. Пневмоавтоматика. Издательство "FESTO Didactic" - 2005, - 145 с.
3. Терехин М.А., Гоннов А.И., Воссин А.В., Сафин Р.Р. Имитационная модель гидравлической системы управления цилиндром двустороннего действия в режиме однократного цикла при помощи обратного клапана на базе пакета FLUIDSIM HYDRAULICS // В сборнике: Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте. материалы III Всероссийской научно-практической конференции. 2021. С. 138-141.

4. Гоннов А.И., Рудаков А.А., Антонова В.В., Полтева Е.А., Сандлер И.Л. Имитационная модель системы управления цилиндром двустороннего действия в режиме непрерывного цикла с помощью моностабильного силового распределителя на базе пакета FLUIDSIM // Наука и образование транспорту. 2020. № 2. С. 19-23.
5. Антонова В.В., Гоннов А.И., Рудаков А.А., Чертыковцева Н.В. Имитационная модель системы управления цилиндром двухстороннего действия при выполнении одиночного цикла с защитой в начале цикла на базе пакета FLUIDSIM // Наука и образование транспорту. 2020. № 2. С. 3-5.
6. Полтева Е.А., Иванов Д.В., Сандлер И.Л., Антонова В.В. Моделирование информационно-измерительной системы гидравлического привода промышленного робота модели "УНИВЕРСАЛ 15" // Вестник СамГУПС. 2020. № 2 (48). С. 74-82.
7. Колтыгин, Д. С. Аппаратно-программный комплекс для управления робототехническими комплексами / Д. С. Колтыгин, А. В. Авсиевич, И. А. Седельников // 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. 107-111.

УДК 681.521.35, 519.576.21

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРИВОДА РАБОЧЕГО ОРГАНА ТРАНШЕЕКОПАТЕЛЯ

Антонова В. В., Рудаков А. А.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. В данной работе представлено имитационное моделирование гидравлической системы управления привода рабочего органа траншекопателя, выполненная на базе пакета Fluidsim 4 библиотеки Hydraulic.

Ключевые слова: имитационная модель, гидравлическая система управления, переходные процессы, привод рабочего органа траншекопателя, fluidsim, hydraulic.

SIMULATION MODELING OF THE HYDRAULIC CONTROL SYSTEM OF THE DRIVE OF THE WORKING BODY OF THE TRENCHER

Antonova V.V., Rudakov A.A.

Abstract: this paper presents a simulation of the hydraulic control system for the drive of the working body of the trencher, made on the basis of the Fluidsim 4 package of the Hydraulic library.

Keywords: simulation model, hydraulic control system, transients, trencher working body drive, fluidsim, hydraulic.

Большая часть всех коммуникаций, которые связаны с прокладкой трубопроводов, газопроводов и других аналогичных конструкций, находятся в траншеях. Для таких целей были созданы специализированные технические средства.

Траншекопатель – землеройный механизм, при помощи которого осуществляется создание траншеи с целью дальнейшего использования, например, прокладка инженерных коммуникаций, для дальнейшей укладки строительного основания, демонтаж асфальтированного покрытия для укладки нового полотна.

Данная машина обладает существенным количеством преимуществ, таких как: сведение вероятности обвала почвы к минимуму, так как стенки рва получаются ровными; простота применения; использование любых видов грунта благодаря рабочему органу, обладающему

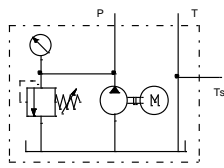
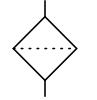
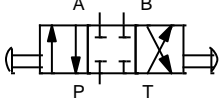
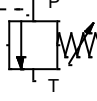



высокой мощностью; эксплуатация в любых погодных условиях, а также повышение производительности процесса работы.

В работе представлено моделирование гидравлической системы управления привода рабочего органа траншекопателя посредством на программного комплекса Fluidsim 4 библиотеки Hydraulic фирмы «FESTO» [1-6].

Имитационная модель гидравлической системы управления привода рабочего органа траншекопателя состоит из следующих блоков: насосная станция, фильтр, моностабильный распределитель 4/3 с кнопочным управлением, клапан сброса давления, обратный клапан, гидравлический мотор, дроссельный клапан. Список условных обозначений элементов имитационной модели гидравлической системы управления привода рабочего органа траншекопателя приведен в таблице 1.

Таблица 1

Описание элементов имитационной модели

№п/п	Условное обозначение	Обозначение на схеме	Название
1	NS1		Насосная станция
2	F1		Фильтр
3	GR1		Моностабильный распределитель 4/3 с кнопочным управлением
4	RK1		Редукционный клапан давления с пружинным механизмом
5	OK1, OK2		Обратный клапан
6	HM1		Гидравлический мотор
7	DK1		Дроссельный клапан

Работа имитационной модели гидравлической системы управления привода рабочего органа траншекопателя можно описать в несколько этапов:

Этап 1 – Рабочая жидкость при помощи насосной станции (NS1), через фильтр (F1) поступает к моностабильному распределителю 4/3 с кнопкой управления (GR1). Данный процесс представлен на рисунке 2 схемы А и соответствуют интервалу времени от 0 до 1 секунды, изображенному на рисунке 3.

Этап 2 – При помощи управляющего воздействия, распределитель (GR1) переключается и начинается осуществляться подача жидкости в гидромотор (HM1), вследствие чего мотор осуществляет вращение по часовой стрелке. После чего рабочая жидкость по замкнутому контуру, проходя через дроссельный клапан (DK1), и распределитель (GR1), возвращается бак через насосный агрегат. Одновременно с этим рабочая жидкость проходит через обратный клапан (OK1) и, блокируя обратный клапан (OK2), поступает в редукционный клапан давления с пружинным механизмом (RK1), затем минуя распределитель (GR1) следует в бак. Данный режим работы представлен на рисунке 2 схемы Б и соответствует интервалу времени от 1 до 3 секунд на рисунке 3.

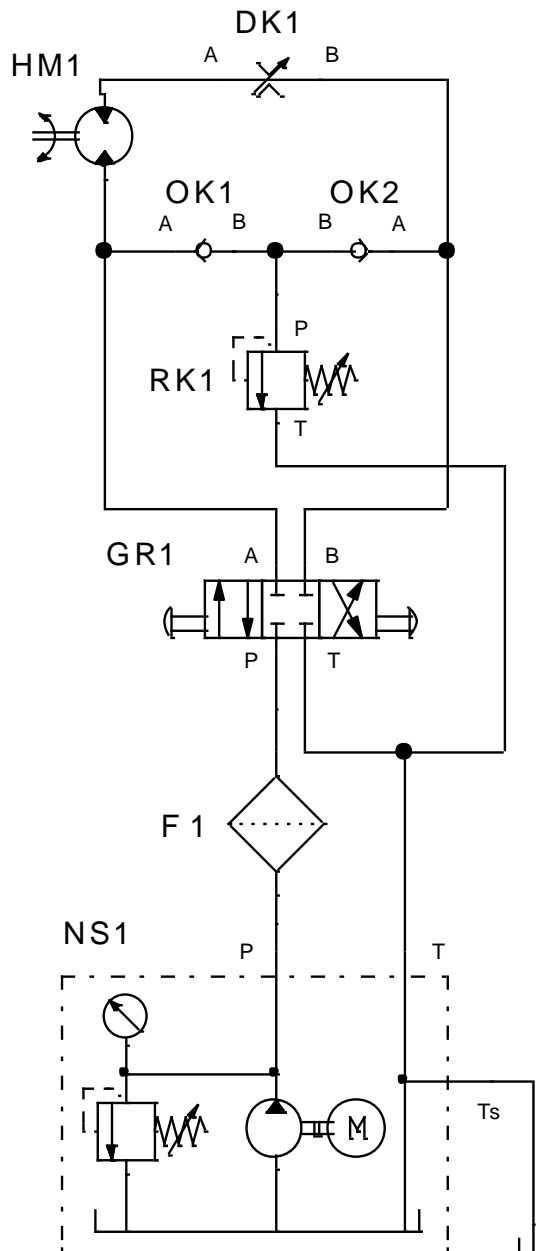


Рис. 1. Имитационная модель гидравлической системы управления привода рабочего органа траншекопателя

Этап 3 – Характеризуется временным интервалом с 3 до 4 секунды, изображенным на рисунке 3, и аналогично этапу 1, описывает работу распределителя (GR1) с закрытой центральной позицией.

Этап 4 – Для вращения гидромотора (HM1) против часовой стрелки, аналогично этапу 2, необходимо перевести распределитель (GR1) в противоположное положение. Тогда, рабочая жидкость проходит через обратный клапан (OK2) и блокирует обратный клапан (OK1), после чего поступает в редукционный клапан давления с пружинным механизмом (RK1), затем минуя распределитель (GR1) следует в бак. Данный режим работы показан на рисунке 2 схемы В и соответствует интервалу времени от 4 до 6.

Дальнейшая работа схемы на последующих временных интервалах аналогична вышеописанному.

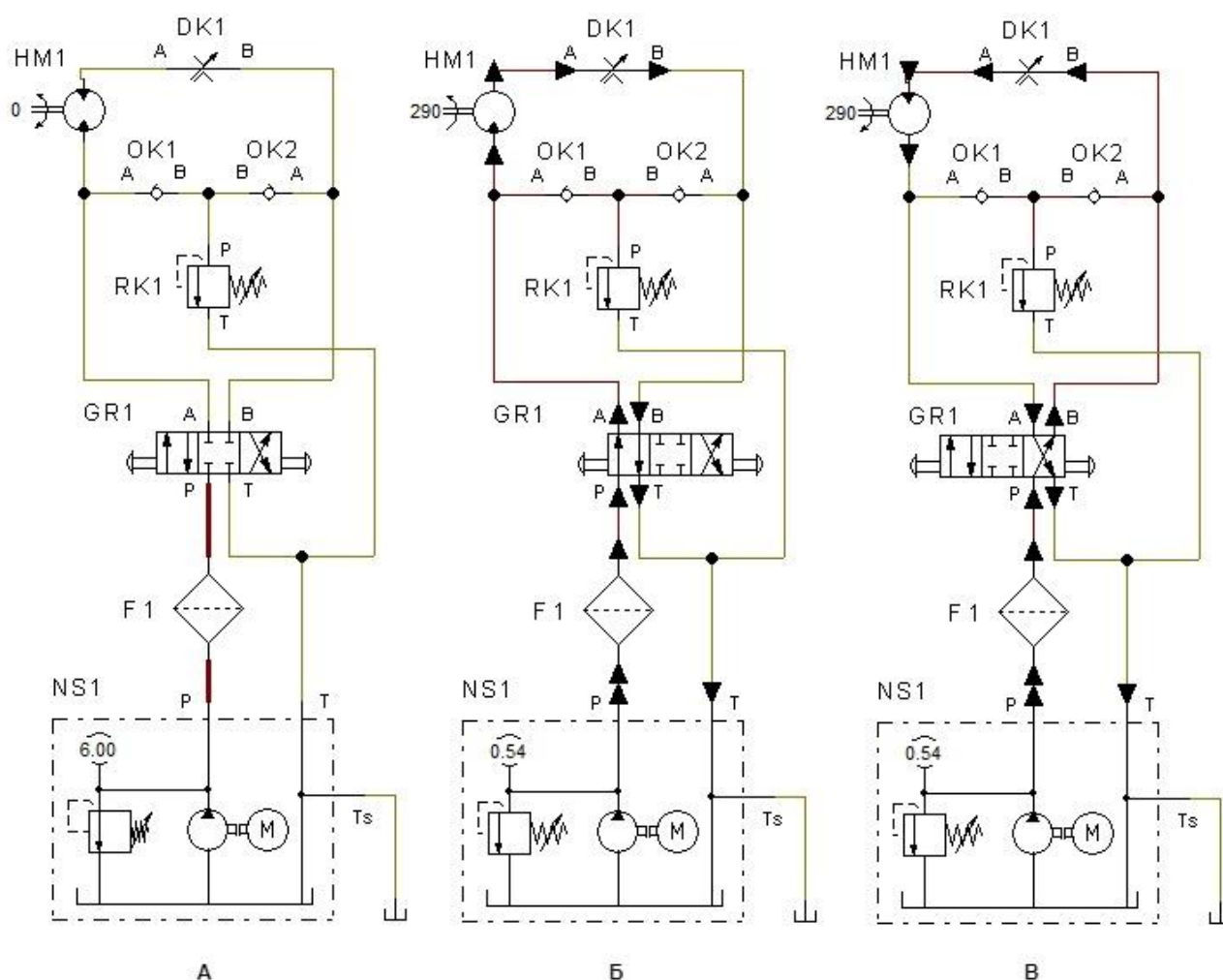


Рис. 2. Процесс работы имитационной модели: А – Начальное состояние работы системы; Б – Первое рабочее состояние системы; В – Второе рабочее состояние системы

Этап 5 – Характеризуется временным интервалом с 6 до 7 секунды, изображенным на рисунке 3, и аналогично этапам 1 и 3 описывает работу распределителя (GR1) с закрытой центральной позицией.

В ходе имитационного моделирования гидравлической системы управления привода рабочего органа траншеекопателя были получены переходные процессы работы системы: «NS1, Flow l/min» – расход рабочей жидкости, л/мин; «GR1, Switching position» – положения переключателя бистабильного распределителя 4/3 с кнопкой; «HM1, Revolution l/min» – количество оборотов, л/мин; «OK1, OK2, Switching position» – положения обратных клапанов.

Имитационная модель привода рабочего органа траншеекопателя соответствует адекватным переходным процессам, имитирующим реальный режим работы системы. Полученные результаты, в ходе имитационного моделирования привода рабочего органа траншеекопателя, можно использовать при изучении дисциплин «Гидравлические приводы мехатронных и робототехнических устройств», «Проектирование мехатронных и робототехнических систем» при подготовке бакалавров по направлению 15.03.06 «Мехатроника и робототехника», а также других технических направлений подготовки, изучающие проектирование гидравлических систем управления.

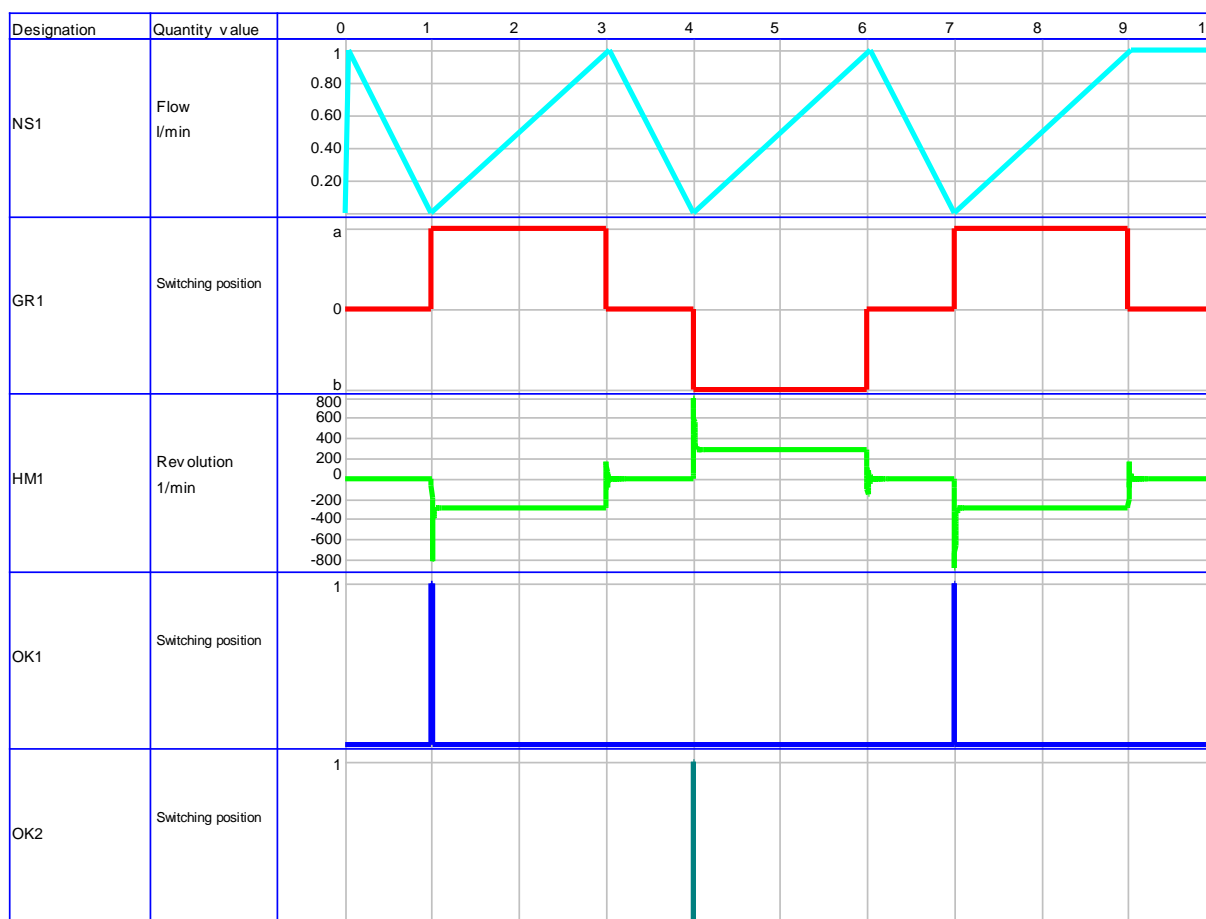


Рис. 3. Переходные процессы работы имитационной модели гидравлической системы привода рабочего органа управления: «NS1, Flow l/min» – расход рабочей жидкости, л/мин; «GR1, Switching position» – положения переключателя бистабильного распределителя 4/3 с кнопочным управлением; «HM1, Revolution 1/min» – количество оборотов, л/мин; «OK1, OK2, Switching position» – положение обратного клапана

Список литературы

1. Иванов В.И., Сазанов И.И., Схиртладзе А.Г., Трифонова Г.О. Гидравлика. В 2 т. Т 1: Основы механики жидкости и газов: Учебник для студ. учреждений высш. проф. образования. М.: Академия, 2012.
2. FESTO. Пневмоавтоматика. Издательство "FESTO Didactic" - 2005, - 145 с.
3. Воссин А.В. Моделирование гидравлической принципиальной схемы привода зажимного механизма при помощи пакета FLUIDSIM HYDRAULICS // В сборнике: ДНИ СТУДЕНЧЕСКОЙ НАУКИ. Сборник материалов 48-й научной конференции обучающихся СамГУПС . 2021. С. 208-209.
4. Терехин М.А., Гоннов А.И., Воссин А.В., Сафин Р.Р., Припутников А.П. имитационная модель гидравлической системы управления цилиндром двустороннего действия при помощи моностабильного распределителя 4/2 с одновременным регулированием скорости выдвижения на базе пакета FLUIDSIM HYDRAULICS // В сборнике: МЕХАТРОНИКА, АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ НА ТРАНСПОРТЕ. материалы III Всероссийской научно-практической конференции. 2021. С. 142-145.
5. Терехин М.А., Гоннов А.И., Воссин А.В., Сафин Р.Р. Имитационная модель гидравлической системы управления цилиндром двустороннего действия в режиме однократного цикла при помощи обратного клапана на базе пакета FLUIDSIM HYDRAULICS // В сборнике: Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте. материалы III Всероссийской научно-практической конференции. 2021. С. 138-141.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРИВОДА ТРАНШЕЙНОГО ЭКСКАВАТОРА

Антонова В.В., Рудаков А.А.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. В данной работе представлена имитационная модель гидравлической системы управления привода траншейного экскаватора, которая выполнена на базе пакета Fluidsim 4 библиотеки Hydraulic фирмы «FESTO». Получены переходные характеристики, которые отражают работу системы управления. Данная работа может представлять интерес для научно-педагогических работников вузов, инженеров и других работников производства.

Ключевые слова: гидравлическая система управления, имитационная модель, привод траншейного экскаватора, fluidsim, переходные процессы.

SIMULATION OF THE HYDRAULIC CONTROL SYSTEM OF THE DRIVE OF THE TRENCH EXCAVATOR

Antonova V.V., Rudakov A.A.

Samara, Samara State Transport University, Russia

Abstract. This paper presents a simulation model of the hydraulic control system for the drive of a trench excavator, which is based on the Fluidsim 4 package of the Hydraulic library from FESTO. Transient characteristics are obtained, which reflect the operation of the control system. This work may be of interest to scientific and pedagogical workers of universities, engineers and other production workers.

Keywords: hydraulic control system, simulation model, trencher drive, fluidsim, transients.

В настоящее время среднестатистический городской житель не может представить свою жизнь без водопровода, систем канализации и отопления, а также электричества. Большая часть коммуникаций проведена под землей, а для того, чтобы их проложить возникает необходимость рытья траншей открытого типа, осуществляемого при помощи траншейного экскаватора.

Траншейный экскаватор – габаритная самоходная землеройная машина специального назначения, рабочее оснащение которого представлено в виде многоковшового или скребкового инструмента. Основное предназначение машины заключается в создании траншей с одновременным вывозом из неё отработанной почвы. Рабочим органом экскаватора является траншейный ковш, который регулируется в вертикальном положении и перемещается одновременно с движением шасси. Углубление и подъем траншейного ковша в траншею происходит благодаря гидравлическим цилиндрам. Для улучшения технических свойств траншейного экскаватора при модернизации необходимо производить расчеты и проводить имитационное моделирование до процесса изготовления экспериментального образца, чтобы предотвратить негативную работу, а следовательно, сэкономить денежные средства при проектировании объекта, именно поэтому разработка имитационной модели гидравлической системы управления привода траншейного экскаватора является актуальной задачей.

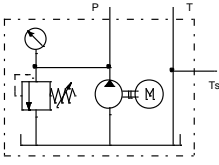

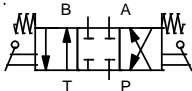
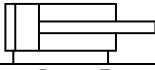
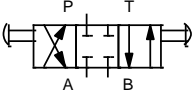
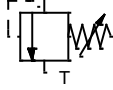


В работе представлено моделирование гидравлической системы управления привода траншейного экскаватора посредством программного комплекса Fluidsim 4 библиотеки Hydraulic фирмы «FESTO» [1-6].

Имитационная модель гидравлической системы управления привода траншейного экскаватора состоит из следующих элементов: насосная станция, фильтр, моностабильный гидравлический распределитель 4/3 с рычажным управлением и возвратными пружинами, гидравлический цилиндр двухстороннего действия, моностабильный гидравличе-

ский распределитель 4/3 с кнопочным управлением, гидравлический мотор, обратный клапан. Список условных обозначений элементов имитационной модели гидравлической системы управления привода траншейного экскаватора приведен в таблице 1.

Таблица 1

Список условных обозначений элементов имитационной модели

№п/п	Условное обозначение	Обозначение на схеме	Название
1	NS1		Насосная станция
2	F1		Фильтр
3	GR1		Моностабильный гидравлический распределитель 4/3 с рычажным управлением и возвратными пружинами
	C1, C2		Гидравлический цилиндр двухстороннего действия
4	GR2		Бистабильный гидравлический распределитель 4/3 с кнопочным управлением
5	RK1		Редукционный клапан давления с пружинным механизмом
6	HM1, HM2		Гидравлический мотор
7	DK1		Дроссельный клапан

Работа цилиндров гидравлической системы управления схемы привода траншейного экскаватора описывается следующими шагами:

Шаг 1. При помощи насосной станции (NS1) рабочая жидкость подается на моностабильный гидравлический распределитель 4/3 с рычажным управлением и возвратными пружинами (GR1) и бистабильный гидравлический распределитель 4/3 с кнопочным управлением (GR2). Данный процесс отражен на рисунке 2А и соответствует временному интервалу от 0 до 2 секунды, изображенному на рисунке 3.

Шаг 2. При помощи управляющего воздействия, распределитель (GR1) переключается и начинается осуществляться подача жидкости в бесштоковые полости гидроцилиндров двухстороннего действия (C1, C2) с одновременным вводом жидкости из штоковых полостей гидроцилиндров (C1, C2), вследствие чего происходит плавное выдвигание штоков гидроцилиндров (C1, C2), что соответствует схеме Б на рисунке 2 и отражено на временном интервале от 2 до 4 секунды.

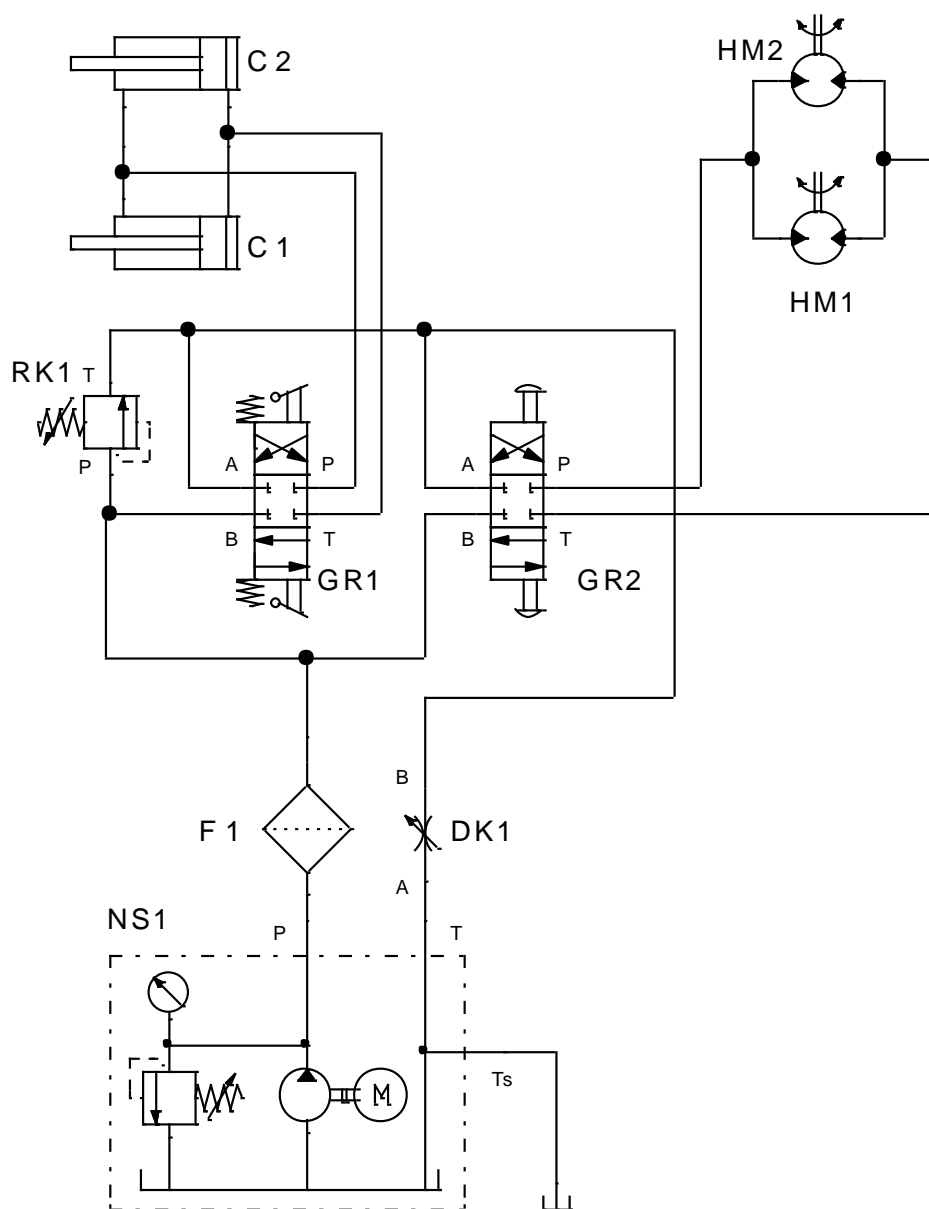


Рис.1. Имитационная модель гидравлической системы управления привода траншейного экскаватора

Шаг 3. После полного выдвижения штоков гидроцилиндров и снятия управляющего воздействия распределитель (GR1) возвращается в исходное положение, при этом, штоки цилиндров (C1, C2) выдвинуты и находятся в рабочем состоянии, что соответствует схеме В на рисунке 2 и отражено на временном интервале с 4 до 7 секунды.

Шаг 4. Характеризуется временным интервалом с 7 до 8 секунды (см. рисунок 3), во время которого происходит втягивание штоков гидроцилиндров (C1, C2), что соответствует схеме Г на рисунке 2.

Шаг 5. Характеризуется временным интервалом с 8 до 12 секунды, изображенным на рисунке 3, и аналогично этапу 1, описывает работу распределителя (GR1) с закрытой центральной позицией.

Работа системы может происходить в двух режимах, вышеописанные шаги характеризуют работу системы с плавным выдвижением штоков гидроцилиндров, последующие шаги описывают ступенчатую работу системы.

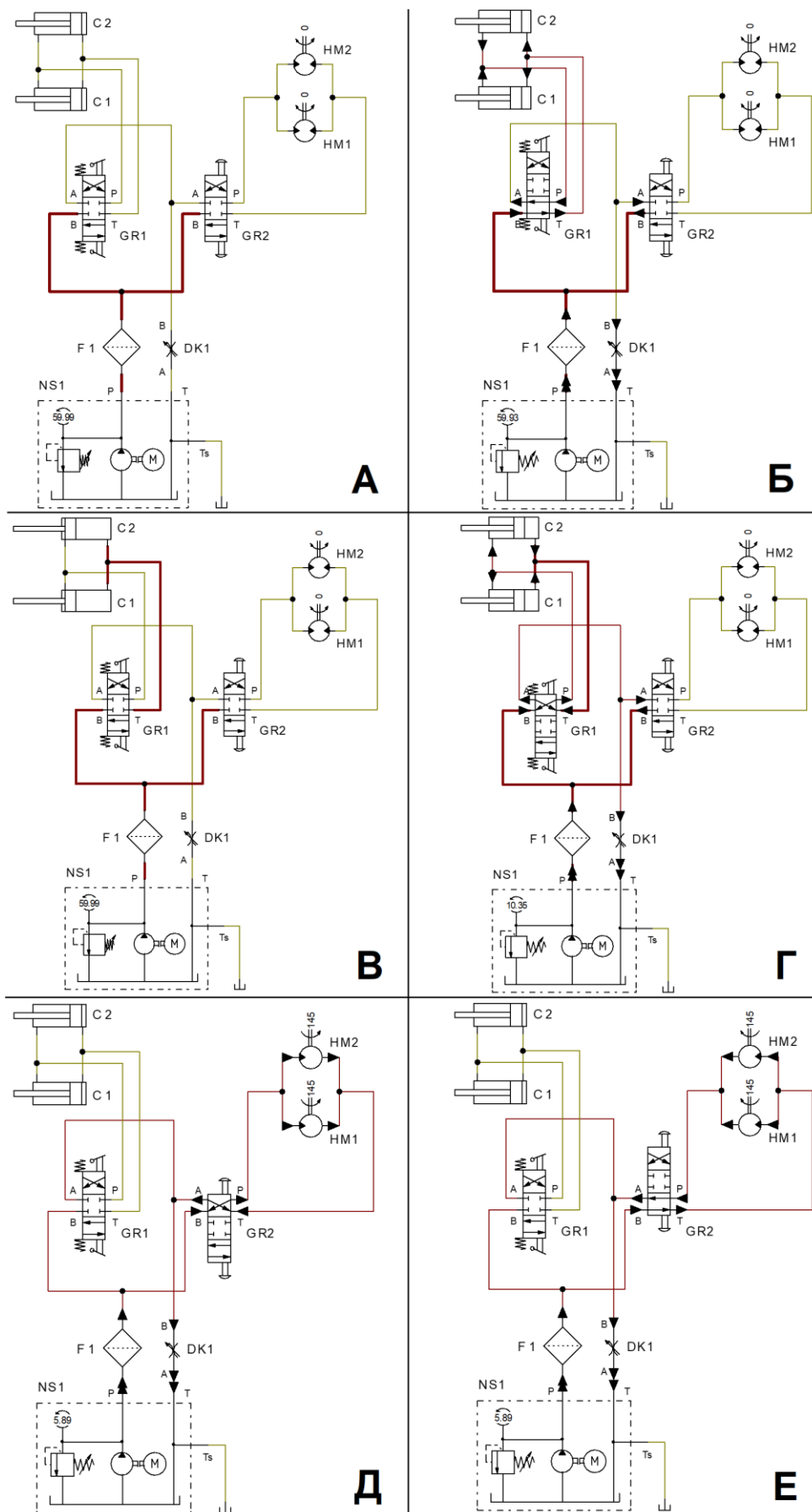


Рис. 2. Пошаговая работа системы: А – Исходное состояние; Б – Выдвижение штоков цилиндров C1 и C2; В – Штоки цилиндров C1 и C2 выдвинуты; Г – Втягивание штоков цилиндров; Д – Вращение гидромоторов HM1 и HM2 по часовой стрелке; Е – Вращение гидромоторов HM1 и HM2 против часовой стрелки

Шаг 6. Характеризуется временным интервалом с 12 до 23 секунды, изображенным на рисунке 3, при котором происходит ступенчатое выдвигание и втягивание штоков гидроцилиндров (С1, С2).

Дальнейшая работа цилиндров гидравлической системы управления схемы привода траншейного экскаватора аналогична вышеописанному.

Работа гидромоторов привода траншейного экскаватора описывается следующими шагами:

Шаг 1. При помощи насосной станции (NS1) рабочая жидкость подается на моностабильный гидравлический распределитель 4/3 с кнопочным управлением и возвратными пружинами (GR2). Данный процесс отражен на рисунке 2А и соответствует временному интервалу от 0 до 1 секунды, изображенному на рисунке 4.

Шаг 2. При помощи управляющего воздействия, распределитель (GR2) переключается и начинается осуществляться подача жидкости в гидромоторы (HM1, HM2), вследствие чего моторы начинают вращаться по часовой стрелке, что соответствует схеме Д на рисунке 2 и отражено на временном интервале от 1 до 5 секунды (см. рисунок 4).

Шаг 3. Характеризуется временным интервалом с 5 до 7 секунды, изображенным на рисунке 4, и описывает работу распределителя (GR2) с закрытой центральной позицией.

Шаг 4. Характеризуется временным интервалом с 7,5 до 12,5 секунды, изображенным на рисунке 4, и описывает вращению гидромоторов (HM1 и HM2) против часовой стрелки, что соответствует схеме Е на рисунке 2.

Дальнейшая работа гидромоторов привода траншейного экскаватора аналогична вышеописанному.

В ходе имитационного моделирования гидравлической принципиальной системы привода траншейного экскаватора были получены переходные процессы, описывающие реальное рабочее состояние системы, показанные на рисунке 2: «GR2, Switching position» – положение переключателя моностабильного распределителя 4/3 с рычажным управлением и возвратными пружинами; «HM1, HM2, Revolution l/min» – количество оборотов гидромотора, л/мин; «GR2, Switching position» – положения переключателя моностабильного распределителя 4/3 с кнопочным управлением; «С1, С2, Position mm» – перемещение поршня цилиндра, мм; «С1, С2, Velocity m/s» – скорость перемещения поршня цилиндра, м/с; «С1, С2, Acceleration m/sl» – ускорение поршня цилиндра, м/с²; «С1, С2, Force N» – усилие, действующее на шток цилиндра, Н.

Имитационная модель привода траншейного экскаватора соответствует адекватному рабочему состоянию системы, что подтверждается полученными переходными характеристиками.

Дальнейшим развитием работы является тестирование разработанной системы при повышенных нагрузках на штоки гидроцилиндров. Полученные результаты можно использовать при изучении дисциплин «Гидравлические приводы мехатронных и робототехнических устройств», «Проектирование мехатронных и робототехнических систем» при подготовке бакалавров по направлению 15.03.06 «Мехатроника и робототехника», а также других технических направлений подготовки, изучающие проектирование гидравлических систем управления.

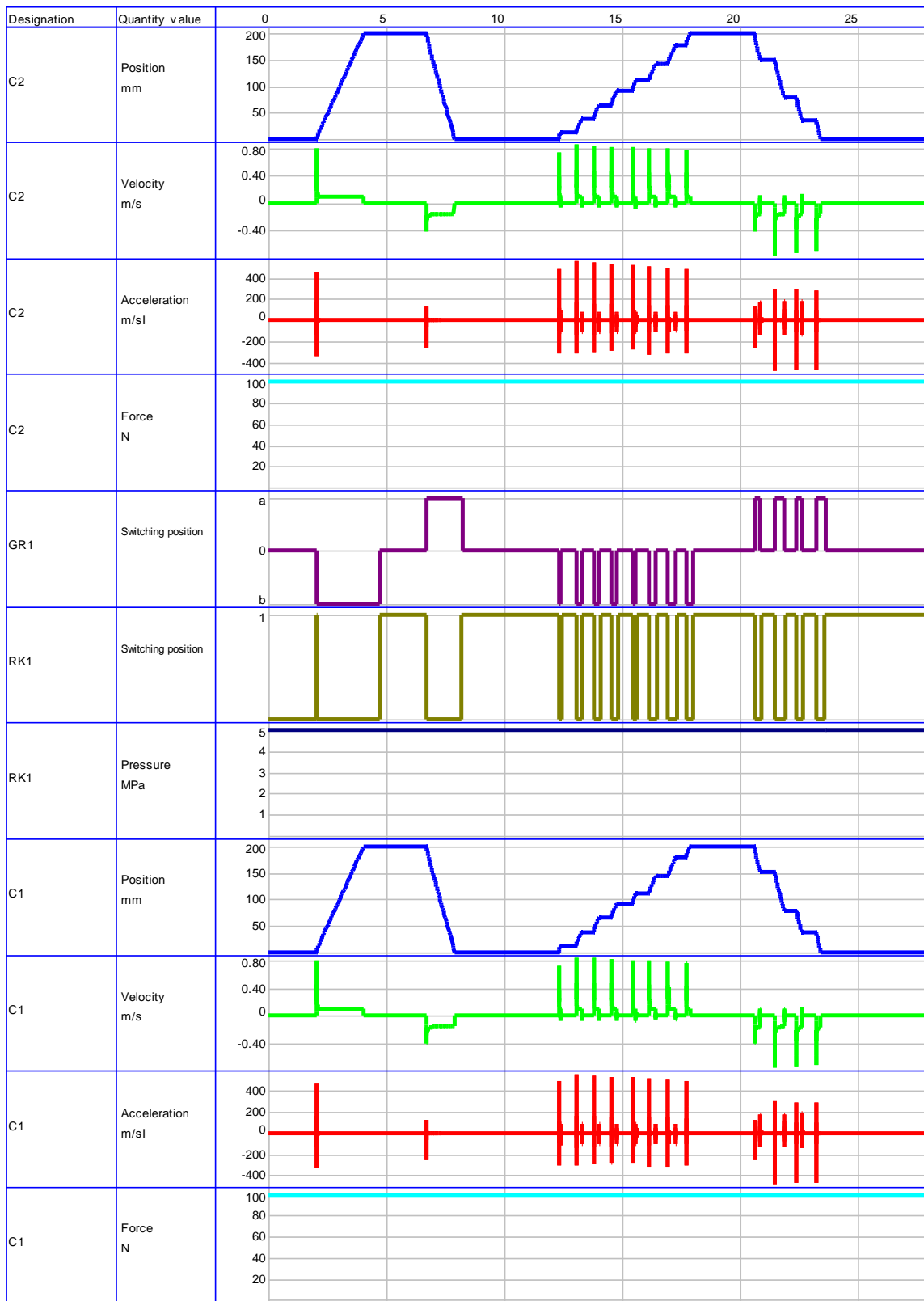


Рис. 3. Переходные процессы работы имитационной модели гидравлической системы привода траншейного экскаватора: «C1, C2, Position mm» – перемещение поршня цилиндра, мм; «C1, C2, Velocity m/s» – скорость перемещения поршня цилиндра, м/с; «C1, C2, Acceleration m/s²» – ускорение поршня цилиндра, м/с²; «C1, C2, Force N» – усилие, действующее на шток цилиндра, Н; «GR1, Switching position» – положение переключателя моностабильного распределителя 4/3 с рычажным управлением и возвратными пружинами; «RK1, Switching position» – положение переключателя редукционного клапана; «RK1, Pressure MPa» – давление редукционного клапана, МПа

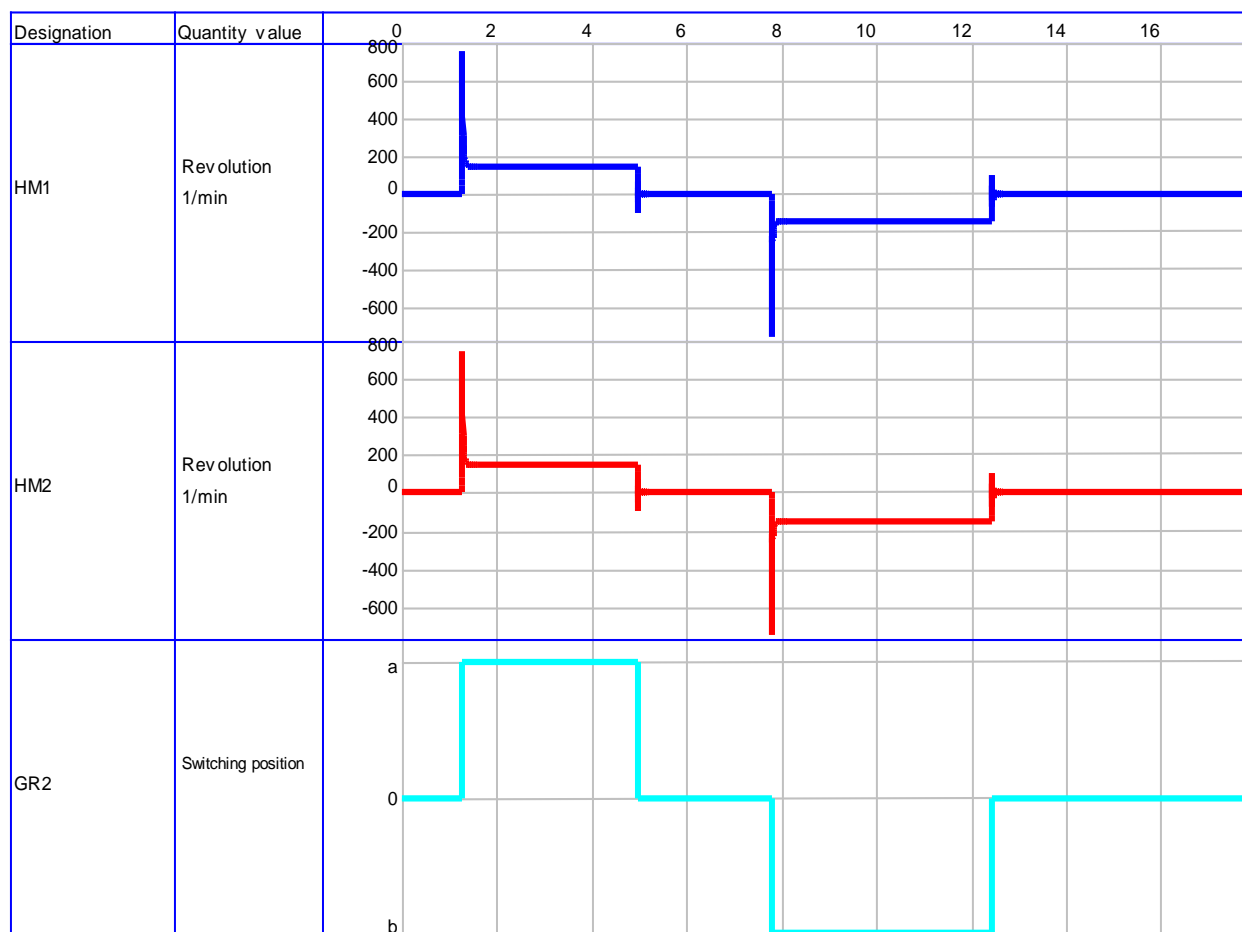


Рис. 4. Переходные процессы работы имитационной модели гидравлической системы привода траншейного экскаватора: «GR2, Switching position» – положение переключателя бистабильного распределителя 4/3 с рычажным управлением и возвратными пружинами; «HM1, HM2, Revolution 1/min» – количество оборотов гидромотора, л/мин

Список литературы

1. Иванов В.И., Сазанов И.И., Схиртладзе А.Г., Трифонова Г.О. Гидравлика. В 2 т. Т 1: Основы механики жидкости и газов: Учебник для студ. учреждений высш. проф. образования. М.: Академия, 2012.
2. Симанин И.А., Сазанов И.И. Гидравлика. Типовое проектирование гидравлического привода технологического оборудования: Учеб. пособие. Пенза: Изд-во Пенз. гос. технол. ун-та, 2013.
3. Авсиевич, А. В. Аппаратно-программный комплекс для управления робототехническими комплексами / А. В. Авсиевич, Д. С. Колтыгин, И. А. Седельников // Вестник СамГУПС. – 2021. – № 1(51). – С. 91-97.
4. Воссин А.В. Моделирование гидравлической принципиальной схемы привода зажимного механизма при помощи пакета FLUIDSIM HYDRAULICS // В сборнике: ДНИ СТУДЕНЧЕСКОЙ НАУКИ. Сборник материалов 48-й научной конференции обучающихся СамГУПС . 2021. С. 208-209.
5. Терехин М.А., Гоннов А.И., Воссин А.В., Сафин Р.Р., Припутников А.П. имитационная модель гидравлической системы управления цилиндром двустороннего действия при помощи моностабильного распределителя 4/2 с одновременным регулированием скорости выдвижения на базе пакета FLUIDSIM HYDRAULICS // В сборнике: Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте. материалы III Всероссийской научно-практической конференции. 2021. С. 142-145.

6. Терехин М.А., Гоннов А.И., Воссин А.В., Сафин Р.Р. Имитационная модель гидравлической системы управления цилиндром двустороннего действия в режиме однократного цикла при помощи обратного клапана на базе пакета FLUIDSIM HYDRAULICS // В сборнике: Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте. материалы III Всероссийской научно-практической конференции. 2021. С. 138-141.

УДК 681.521.35, 519.576.21

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ ПРИВОДА ВИБРАТОРА СТРОИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ

Бурнаевский Д.К., Зарипов Р.А.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. В данной работе представлена имитационная модель гидравлической системы управления привода вибратора строительной машины, выполненная на базе пакета Fluidsim 4 библиотеки Hydraulic фирмы «FESTO».

Ключевые слова: гидравлическая система управления, имитационная модель, привод вибратора строительной машины, fluidsim, переходные процессы.

MODELING OF AN ELECTROHYDRAULIC SCHEMATIC DIAGRAM OF AN ANTI-LOCK BRAKING SYSTEM

Burnaevsky D.K., Zaripov R.A.

Samara, Samara State Transport University

Abstract: this paper presents a simulation model of the hydraulic control system for the vibrator drive of a construction machine, made on the basis of the Fluidsim 4 package of the Hydraulic library.

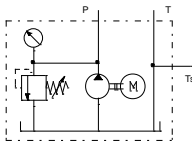

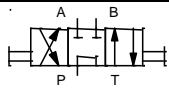

Keywords: hydraulic control system, simulation model, construction machine vibrator drive, fluidsim, transients.

Прочность бетонных сооружений напрямую зависит от качества однородного раствора. При первичном создании бетонных конструкций в свежем растворе образуются воздушные карманы, значительно снижающие прочность. Для того, чтобы повысить плотность бетонной смеси необходимо извлечь из неё воздух. Данная процедура осуществляется механическим путем при помощи специально инструмента – вибратора. Он осуществляет вибрацию, тем самым, раствор постепенно начинает утрамбовываться, достигает нужной плотности и текучести.

В работе рассматривается имитационная модель гидравлической системы управления привода вибратора строительной машины, выполненная на базе пакета Fluidsim 4 библиотеки Hydraulic фирмы «FESTO» [1-6].

Имитационная модель гидравлической системы управления привода вибратора строительной машины состоит из следующих элементов: насосная станция, фильтр, моностабильный гидравлический распределитель 4/3 с кнопочным управлением, гидравлический мотор. Список условных обозначений элементов имитационной модели гидравлической системы управления привода вибратора строительной машины приведен в таблице 1.

Элементы имитационной модели

№п/п	Условное обозначение	Обозначение на схеме	Название
1	NS1		Насосная станция
2	F1		Фильтр
3	GR1		Моностабильный гидравлический распределитель 4/3 с кнопочным управлением
4	HM1		Гидравлический мотор

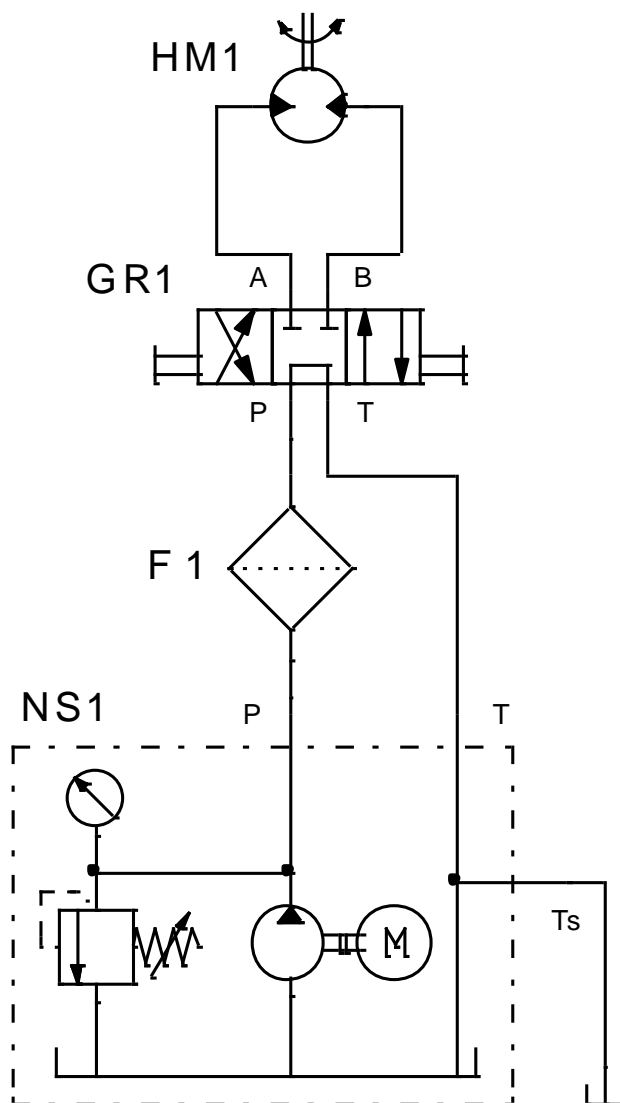


Рис. 1. Имитационная модель гидравлической системы привода вибратора строительной машины

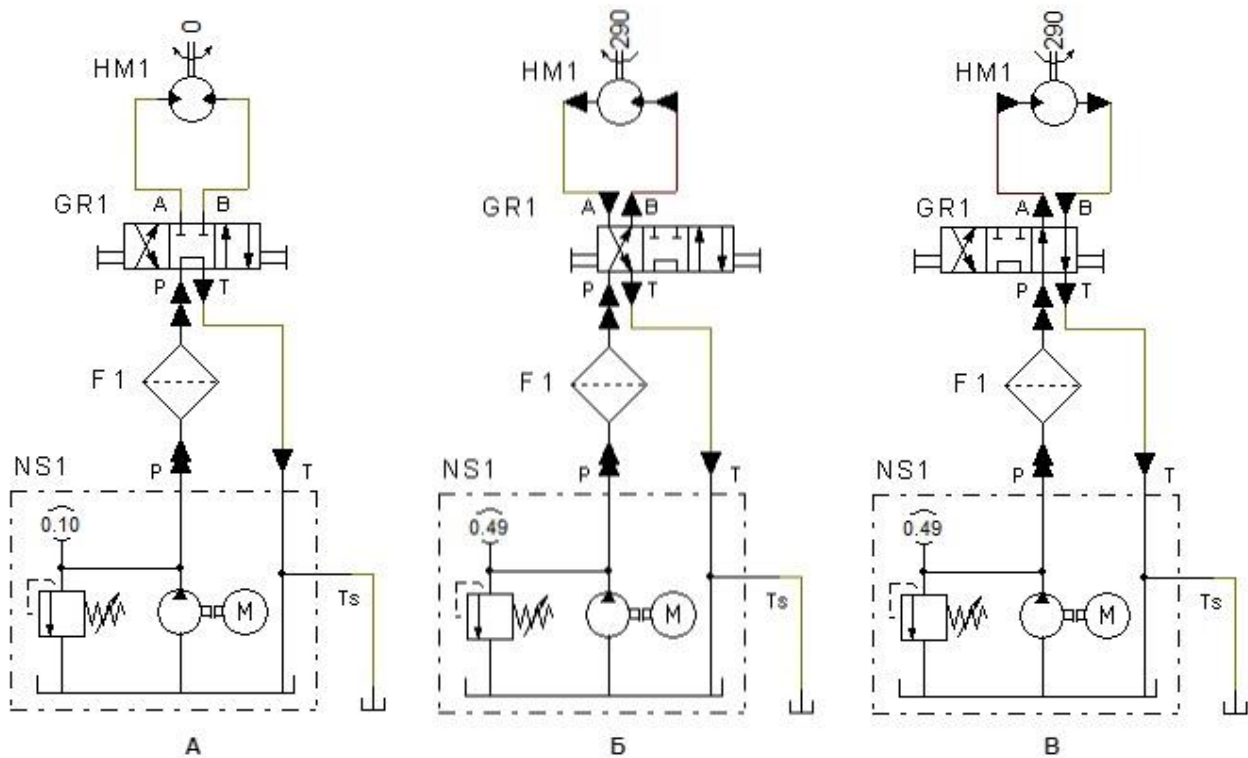


Рис. 2. Рабочий процесс имитационной модели: А – Исходное состояние системы; Б – Первое рабочее состояние системы; В – Второе рабочее состояние системы

Рабочий процесс гидравлической имитационной модели привода вибратора строительной машины описывается следующими шагами:

Шаг 1. Насосная станция создает давление в контурах, тем самым, подавая рабочую жидкость к моностабильному гидравлическому распределителю 4/3 с кнопочным управлением (GR1), предварительно пройдя через фильтр очистки (F1). Данный процесс соответствует схеме А на рисунке 2 и графикам на рисунке 3 в интервале времени от 0 до 2 секунды.

Шаг 2. На распределитель (GR1) осуществляется кнопочное воздействие, в следствие чего, он переключается и рабочая жидкость поступает в гидромотор, вследствие чего, мотор начинает вращение против часовой стрелки. Данный процесс показан на схеме Б рисунка 2 и соответствует графикам на рисунке 3 в интервале времени от 2 до 5 секунды.

Шаг 3. Осуществление кнопочного воздействия с противоположной стороны распределителя (GR1) приводит к вращению гидравлического мотора по часовой стрелке. Данный процесс показан на схеме В рисунка 2 и соответствует графикам на рисунке 3 в интервале времени от 6 до 9 секунды.

В ходе имитационного моделирования гидравлической системы управления привода вибратора строительной машины были получены переходные процессы, представленные на рисунке 2: «NS1, Flow l/min» – расход рабочей жидкости, л/мин; «GR1, Switching position» – положение переключателя моностабильного распределителя 4/3 с рычажным управлением и возвратными пружинами; «HM1, Revolution l/min» – количество оборотов, л/мин.

Исходя из вышесказанного, и, в соответствии с полученными графиками переходных процессов, можно умозаключить, что разработанная имитационная модель гидравлической системы управления привода вибратора строительной машины соответствует адекватному рабочему состоянию реальной системы и может быть использована студентами технических вузов для наглядного изучения принципа работы вышеописанного механизма.

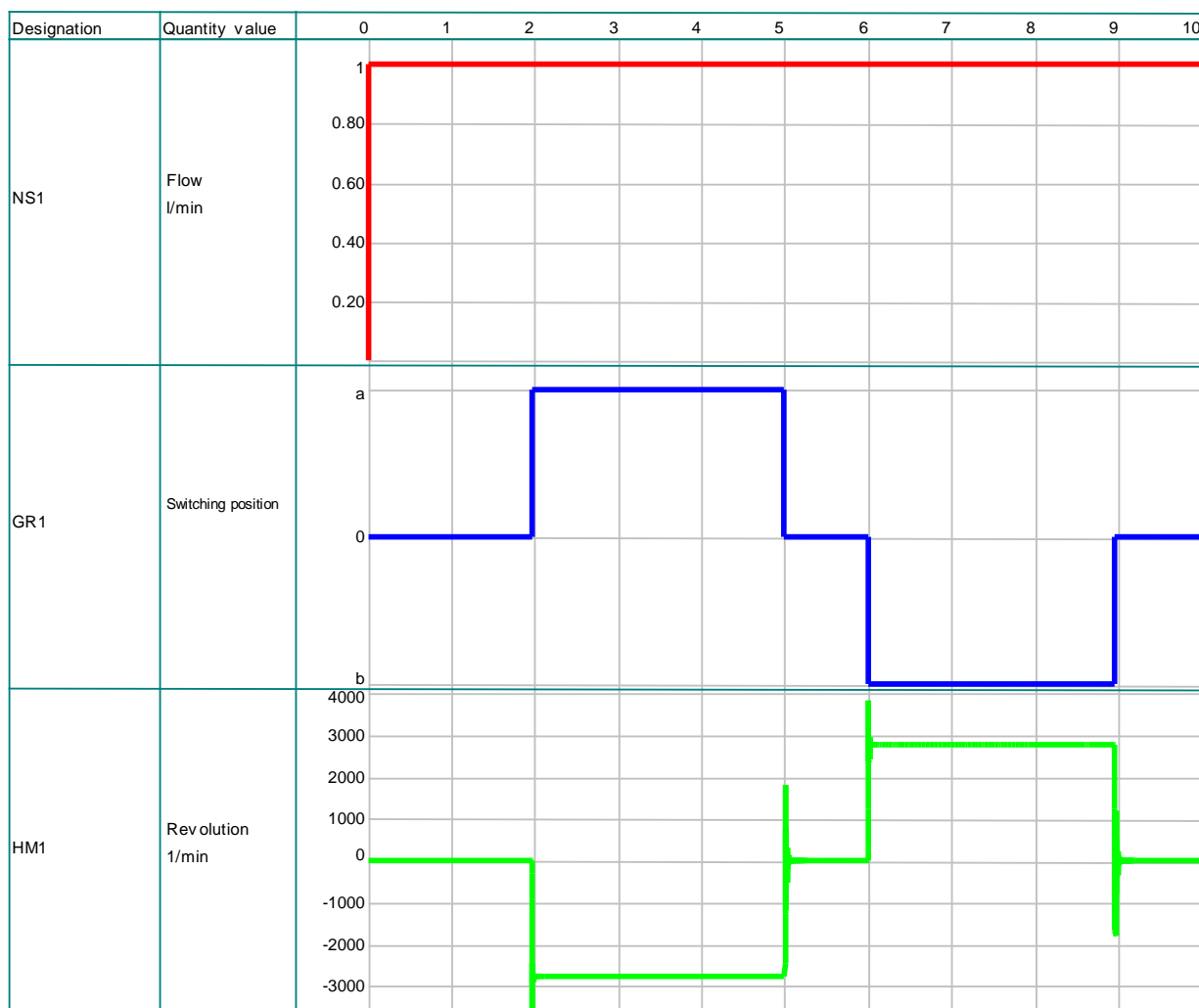


Рис. 3. Переходные процессы работы имитационной модели гидравлической системы привода вибратора строительной машины: «NS1, Flow l/min» – расход рабочей жидкости, л/мин; «GR1, Switching position» – положение переключателя моностабильного распределителя 4/3 с рычажным управлением и возвратными пружинами; «HM1, Revolution l/min» – количество оборотов, л/мин

Список литературы

1. Иванов В.И., Сазанов И.И., Схиртладзе А.Г., Трифонова Г.О. Гидравлика. В 2 т. Т 1: Основы механики жидкости и газов: Учебник для студ. учреждений высш. проф. образования. М.: Академия, 2012.
2. Симанин И.А., Сазанов И.И. Гидравлика. Типовое проектирование гидравлического привода технологического оборудования: Учеб. пособие. Пенза: Изд-во Пенз. гос. технол. ун-та, 2013.
3. Авсиевич, А. В. Аппаратно-программный комплекс для управления робототехническими комплексами / А. В. Авсиевич, Д. С. Колтыгин, И. А. Седельников // Вестник СамГУПС. – 2021. – № 1(51). – С. 91-97..
4. Воссин А.В. Моделирование гидравлической принципиальной схемы привода зажимного механизма при помощи пакета FLUIDSIM HYDRAULICS // В сборнике: ДНИ СТУДЕНЧЕСКОЙ НАУКИ. Сборник материалов 48-й научной конференции обучающихся СамГУПС . 2021. С. 208-209.
5. Терехин М.А., Гоннов А.И., Воссин А.В., Сафин Р.Р., Припутников А.П. имитационная модель гидравлической системы управления цилиндром двустороннего действия при помощи моностабильного распределителя 4/2 с одновременным регулированием ско-

- рости выдвигания на базе пакета FLUIDSIM HYDRAULICS // В сборнике: МЕХАТРОНИКА, АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ НА ТРАНСПОРТЕ. материалы III Всероссийской научно-практической конференции. 2021. С. 142-145.
- б. Терехин М.А., Гоннов А.И., Воссин А.В., Сафин Р.Р. Имитационная модель гидравлической системы управления цилиндром двустороннего действия в режиме однократного цикла при помощи обратного клапана на базе пакета FLUIDSIM HYDRAULICS // В сборнике: МЕХАТРОНИКА, АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ НА ТРАНСПОРТЕ. материалы III Всероссийской научно-практической конференции. 2021. С. 138-141.

УДК 681.521.35, 519.576.21

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРИВОДА ПОДЪЕМА РАБОЧЕГО ОРГАНА ФРОНТАЛЬНОГО ПОГРУЗЧИКА

Зарипов Р.А., Бурнаевский Д.К.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. В данной работе представлена имитационная модель гидравлической системы управления привода рабочего органа фронтального погрузчика, выполненная на базе пакета Fluidsim 4 библиотеки Hydraulic. Построены переходные процессы работы гидроцилиндров.

Ключевые слова: гидравлическая система управления, имитационная модель, привод рабочего органа фронтального погрузчика, fluidsim, переходные процессы.

SIMULATION OF THE HYDRAULIC CONTROL SYSTEM OF THE DRIVING DRIVE OF THE WORKING BODY OF THE FRONT LOADER

Zaripov R.A., Burnaevsky D.K.

Samara, Samara State Transport University

Abstract: This paper presents a simulation model of the hydraulic control system for the drive of the working body of a front loader, made on the basis of the Fluidsim 4 package of the Hydraulic library.

Keywords: hydraulic control system, simulation model, front loader drive, fluidsim, transients.

Наиболее востребованными в дорожно-строительных работах являются фронтальные погрузчики, которые используются для погрузочно-разгрузочных работ.

Фронтальные погрузчики обладают высокой мобильностью, что позволяет использовать их в условиях ограниченного рабочего пространства. Рабочий орган фронтального погрузчика предусмотрен для перемещения, разгрузки, захвата и подъема различных грузов. Исполнительный орган погрузчика состоит из фронтальной стрелы, закрепленной одной осью на передней части рамы, а штоки гидроцилиндров, осуществляющие подъем-опускания фронтальной стрелы, опираются на среднюю часть рамы.

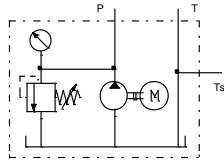
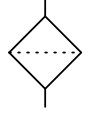
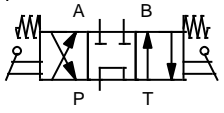


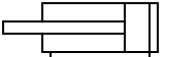
В работе рассматривается имитационная модель гидравлической системы управления привода рабочего органа фронтального погрузчика, выполненная на базе пакета Fluidsim 4 библиотеки Hydraulic фирмы «FESTO» [1-6].

Имитационная модель гидравлической системы управления привода рабочего органа фронтального погрузчика состоит из следующих элементов: насосная станция, фильтр, моностабильный гидравлический распределитель 4/3 с рычажным управлением и возвратными пружинами, дроссельный клапан, обратный клапан, гидравлический цилиндр двустороннего действия. Список условных обозначений элементов имитационной модели гидравлической

системы управления привода рабочего органа фронтального погрузчика находится в таблице 1.

Таблица 1

Элементы имитационной модели

№п/п	Условное обозначение	Обозначение на схеме	Название
1	NS1		Насосная станция
2	F1		Фильтр
3	GR1		Моностабильный гидравлический распределитель 4/3 с рычажным управлением и возвратными пружинами
4	DK1, DK2		Дроссельный клапан
5	OK1, OK2		Обратный клапан
6	C1, C2		Гидравлический цилиндр двухстороннего действия

Процесс работы гидравлической имитационной модели привода рабочего органа фронтального погрузчика описан следующими этапами:

Этап 1 – рабочая жидкость при помощи насосной станции (NS1) поступает по контурам до моностабильного гидравлического распределителя 4/3 с рычажным управлением и возвратными пружинами (GR1). Данный процес изображен на рисунке 2 в интервале времени от 0 до 1 секунды.

Этап 2 – при помощи воздействия на рычаг гидравлического распределителя осуществляется подача жидкости в бесштоковую полость гидравлических цилиндров двухстороннего действия (C1, C2), тем самым создается плавно нарастающее давление, в результате чего, происходит выдвигение штоков гидроцилиндров до рабочего состояния. После чего жидкость из штоковой полости попадает в бак, предварительно пройдя распределитель (GR1), дроссельные клапаны (DK1, DK2) и процесс очистки через фильтр (F1). Данный процесс показан на интервале времени от 2 до 5 секунды.

Этап 3 – после того, как система достигла рабочего процесса, оказывается воздействие на рычаг с противоположной стороны гидравлического распределителя, тем самым, рабочая жидкость проходит через обратные клапаны (OK1, OK2) и дроссельные клапаны (DK1, DK2), создавая давление в штоковых полостях гидроцилиндров, вследствие чего, осуществляется втягивание штоков цилиндров в исходное положение, что соответствует графикам на интервале времени от 6 до 9 секунды.

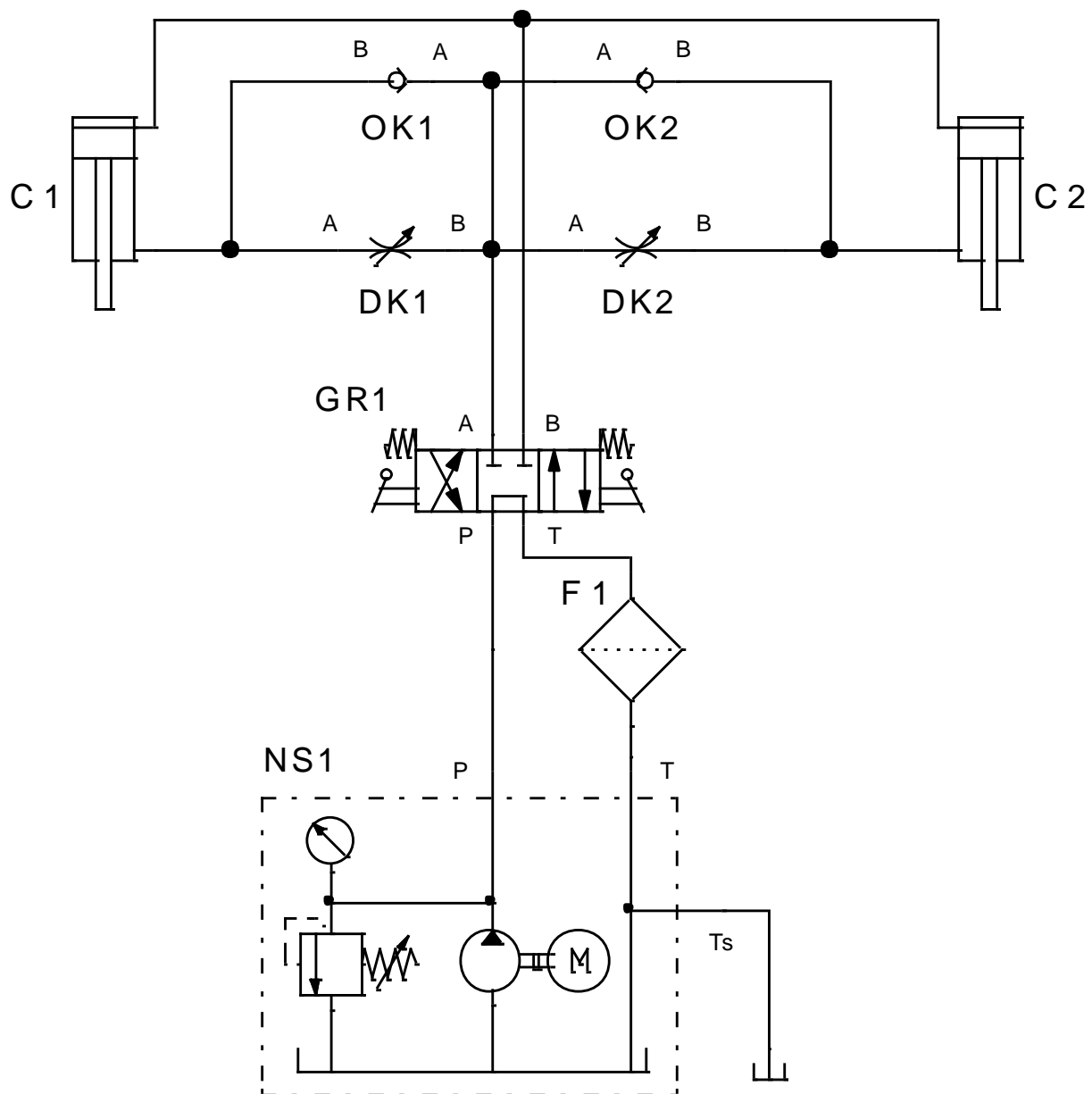


Рис. 1. Имитационная модель гидравлической системы привода рабочего органа фронтального погрузчика

В ходе имитационного моделирования гидравлической системы управления привода рабочего органа фронтального погрузчика были получены переходные процессы, которые соответствуют адекватному режиму работы системы, показанные на рисунке 2: «GR1, Switching position» – положение переключателя моностабильного распределителя 4/3 с рычажным управлением и возвратными пружинами; «C1, C2, Position mm» – перемещение штоков цилиндров, мм; «C1, C2, Velocity m/s» – скорость перемещения поршня цилиндра, м/с; «C1, C2, Acceleration m/s²» – ускорение поршня цилиндра, м/с²; «C1, C2, Force N» – усилие, действующее на шток цилиндра, Н.

Полученные графики переходных процессов позволяют сделать вывод, что имитационная модель гидравлической системы управления привода рабочего органа фронтального погрузчика является адекватной и имеет практическую значимость, которая состоит в использовании полученных результатов для повышения образовательного уровня студентов технических специальностей при изучении гидравлических систем управления.

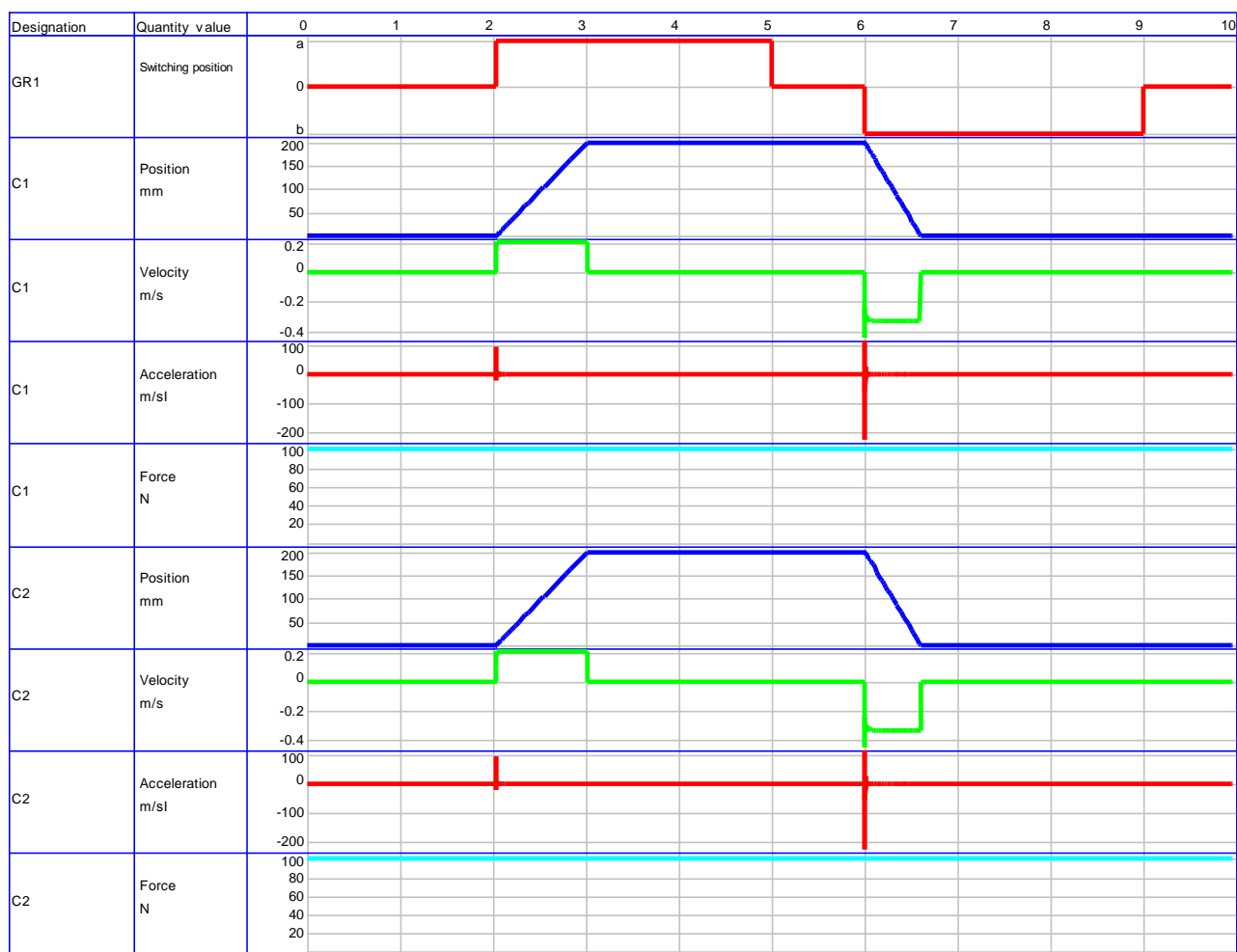


Рис. 2. Переходные процессы работы имитационной модели гидравлической системы привода органа фронтального погрузчика: «GR1, Switching position» – положение переключателя моностабильного распределителя 4/3 с рычажным управлением и возвратными пружинами; «C1, C2, Position mm» – перемещение штоков цилиндров, мм; «C1, C2, Velocity m/s» – скорость перемещения поршня цилиндра, м/с; «C1, C2, Acceleration m/s²» – ускорение поршня цилиндра, м/с²; «C1, C2, Force N» – усилие, действующее на шток цилиндра, Н

Список литературы

1. Иванов В.И., Сазанов И.И., Схиртладзе А.Г., Трифонова Г.О. Гидравлика. В 2 т. Т 1: Основы механики жидкости и газов: Учебник для студ. учреждений высш. проф. образования. М.: Академия, 2012.
2. Симанин И.А., Сазанов И.И. Гидравлика. Типовое проектирование гидравлического привода технологического оборудования: Учеб, пособие. Пенза: Изд-во Пенз. гос. технол. ун-та, 2013.
3. Авсиевич, А. В. Аппаратно-программный комплекс для управления робототехническими комплексами / А. В. Авсиевич, Д. С. Колтыгин, И. А. Седельников // Вестник СамГУПС. – 2021. – № 1(51). – С. 91-97.
4. Воссин А.В. Моделирование гидравлической принципиальной схемы привода зажимного механизма при помощи пакета FLUIDSIM HYDRAULICS // В сборнике: ДНИ СТУДЕНЧЕСКОЙ НАУКИ. Сборник материалов 48-й научной конференции обучающихся СамГУПС . 2021. С. 208-209.
5. Терехин М.А., Гоннов А.И., Воссин А.В., Сафин Р.Р., Припутников А.П. имитационная модель гидравлической системы управления цилиндром двустороннего действия при помощи моностабильного распределителя 4/2 с одновременным регулированием

- скорости выдвигания на базе пакета FLUIDSIM HYDRAULICS // В сборнике: МЕХАТРОНИКА, АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ НА ТРАНСПОРТЕ. материалы III Всероссийской научно-практической конференции. 2021. С. 142-145.
- б. Терехин М.А., Гоннов А.И., Воссин А.В., Сафин Р.Р. Имитационная модель гидравлической системы управления цилиндром двустороннего действия в режиме однократного цикла при помощи обратного клапана на базе пакета FLUIDSIM HYDRAULICS // В сборнике: МЕХАТРОНИКА, АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ НА ТРАНСПОРТЕ. материалы III Всероссийской научно-практической конференции. 2021. С. 138-141.

УДК 004.031.2

ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ В ОБЪЕДИНЕНИИ С ИНФОРМАЦИОННЫМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ НА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ

Вазенмиллер Р.В., Козлов В.В.

Самара, Самарский государственный технический университет

Аннотация. В статье рассматриваются методы внедрения и использования Интернета вещей в объединении с информационными технологиями в железнодорожной отрасли.

Ключевые слова: интернет вещей, информационные технологии, железнодорожная отрасль, железнодорожная инфраструктура.

INTERNET OF THINGS IN COMBINATION WITH INFORMATION TECHNOLOGIES ON RAILWAYS

Vazenmiller R.V., Kozlov V.V.

Samara, Samara State Technical University

Abstract. The article discusses the methods of implementation and use of the Internet of Things in combination with information technologies in the railway industry.

Key words: Internet of Things, Information technology, railway industry, railway infrastructure.

По мере того, как технологии становятся умнее, а железнодорожная отрасль продолжает интегрировать новые технологии в свои системы, все больше и больше устройств, объектов и поездов могут связываться друг с другом в режиме реального времени, собирать и отправлять данные, повышать безопасность и работать более эффективно. В этом климате создается более централизованная система и интеллектуальная железная дорога. И это стало возможным благодаря сети, известной как Интернет вещей (IoT).

Интегрируя Интернет вещей в железную дорогу, вы оптимизируете и используете данные, чтобы сделать её работу более эффективной, открывая возможности анализа больших данных с помощью облачного решения.

Комбинируя другие информационных технологий с Интернетом вещей в железнодорожной отрасли удаётся достичь появления новых синергий. Например, Интернет вещей позволяет отслеживать нахождение сотрудников в опасных зонах на железнодорожном пути, а с помощью машинного зрения можно понять, сколько этих сотрудников, оснащены ли они средствами индивидуальной защиты, надеты ли на них светоотражающие жилеты.

Интернет вещей позволяет соединить все объекты железнодорожной системы – подвижной состав и локомотивы, элементы инфраструктуры, отдельные единицы грузов, системы безопасности, электронные табло, камеры наблюдения – как между собой, так и с внешней

средой, создавая эффективный и отлаженный механизм. Технологии Интернета вещей могут быть важной частью сквозного бизнес-процесса компаний.

Необходимо объединять Интернет вещей и информационные технологии для улучшения цифровой инфраструктуры и создания единого информационного пространства грузовых перевозок и логистики.

Поезд, который внезапно выходит из строя на рельсах, может испортить день его пассажиров, привести к задержкам в сети и, по сути, вывести из строя всю систему. Однако разработки методов профилактического обслуживания, вызванные Интернетом вещей, помогли восстановить надежность даже самых старых активов. За счет интеграции датчиков Интернета вещей такие важные компоненты, как тормоза, колесные пары и двигатели, поезда становятся более чувствительными к своим операциям и повышается эффективность. Добавление к Интернету вещей технологии Big Data позволит ей аккумулировать всю передаваемую информацию устройств, на основе которой можно будет своевременно обслуживать поезда и железнодорожные пути, предотвращая тем самым задержки сети и аварии.

Отличной синергией могут стать Интернет вещей, машинное зрение и видеонаблюдение. В то время, как первая технология уведомит об изменении состояния не только подвижных составов и локомотивов, но и перевозимого ими груза, вторая и третья позволит определить причину этого изменения. Такой тандем сможет своевременно предупреждать о нарушении целостности перевозимых грузов в случаях грабежа или неаккуратного взаимодействия работников. Этими же технологиями можно будет предотвращать проникновение нежелательных лиц на запретные территории.

На текущий момент Интернет вещей используется в работе с подвижным составом: пассажирские и грузовые вагоны, локомотивы, электропоезда. Технология позволяет контролировать их передвижение и местоположение для предоставления дополнительных сервисов пассажирам. Сотрудники компании могут использовать собираемые данные для более точного планирования своей деятельности, например, разгрузки или погрузки. Помимо этого, собираемая с датчиков информация позволяет следить за техническим состоянием состава, прогнозировать предотказное состояние, чтобы предотвращать поломку тех или иных элементов. Это позволяет превентивно реагировать, повышать безопасность движения и снижать затраты за счет исключения потенциальных расходов на устранение неисправностей. Например, Trenitalia оснастила 9 тыс. единиц техники 6 млн датчиков, которые собирают информацию об эксплуатационных характеристиках поезда, и сократила бюджеты на ремонт на 8–10%.

Так же Интернет вещей используется для того, чтобы следить за железнодорожной инфраструктурой: путями, рельсами, стрелочными переводами, светофорами и др. С помощью датчиков можно следить за состоянием инфраструктуры в реальном времени и тоже прогнозировать предотказные состояния. Например, Deutsche Bahn установила датчики для распознавания вибрации и звука на железнодорожные пути, и в зависимости от звука проходящего подвижного состава или вибрации, которую он вызывает, может обнаружить дефекты как путей, так и самого состава.

Достаточно широкое применение и наличие мировой практики применения концепции Интернета вещей делает перспективным развитие её технологий и их реализацию на железнодорожном транспорте. Использование технологий Интернета вещей и других информационных технологий поможет увеличить производительность труда и степень автоматизации технологических процессов, уменьшит издержки производства.

Список литературы

1. Internet of Things, IoT [Электронный ресурс] // URL: <https://www.it.ua/ru/knowledge-base/technology-innovation/internet-veschej-internet-of-things-iot> (дата обращения: 10.12.2021)
2. Интернет вещей на железной дороге необходимо использовать в связке с другими технологиями [Электронный ресурс] // URL: <https://www.rzd-partner.ru/zhd->

- transport/interview/internet-veshchey-na-zheleznoy-doroge-neobkhodimo-ispolzovat-v-svyazke-s-drugimi-tekhnologiyami/ (дата обращения: 10.12.2021)
3. What value can the Internet of Things in railroads unlock for you? [Электронный ресурс] // URL: <https://rail.cloudmoyo.com/blog/how-the-internet-of-things-iot-in-railroads-is-leading-to-data-revolution/> (дата обращения: 11.12.2021)
 4. Five Smart Ways How IoT is Transforming the Railways [Электронный ресурс] // URL: <https://www.cyient.com/blog/rail-transportation/five-smart-ways-how-iot-is-transforming-the-railways> (дата обращения: 12.12.2021)
 5. Как интернет вещей меняет сферу транспорта [Электронный ресурс] // URL: <https://nfp2b.ru/2020/09/08/kak-internet-veshhej-menyaet-sferu-transporta/> (дата обращения: 13.12.2021)
 6. Railway track stress–strain analysis using high- precision accelerometers / A. Avsievich, V. Avsievich, N. Avsievich [et al.] // Applied Sciences (Switzerland). – 2021. – Vol. 11. – No 24. – DOI 10.3390/app112411908.

УДК 681.521.35, 519.576.21

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОГРУЗЧИКА НА БАЗЕ ПАКЕТА FLUIDSIM HYDRAULICS

Воссин А.В.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. В данной работе представлена имитационная модель гидравлической системы управления погрузчика, на базе пакета FLUIDSIM 4 библиотеки Hydraulics, получены переходные характеристики работы гидравлической системы.

Ключевые слова: имитационная модель, гидравлический привод, гидравлическая система управления, погрузчик, hydraulics, переходные характеристики.

SIMULATION MODEL OF LOADER HYDRAULIC CONTROL SYSTEM BASED ON FLUIDSIM HYDRAULICS PACKAGE

Vossin A.V.

Samara, Samara State Transport University

Abstract: this paper, a simulation model of the loader hydraulic control system is presented, based on the FLUIDSIM 4 package of the Hydraulics library, the transient characteristics of the hydraulic system are obtained.

Keywords: simulation model, hydraulic drive, hydraulic control system, loader, hydraulics, transient response.

С развитием промышленности в XX веке появилось множество полезных устройств. Одним из таких устройств является погрузчик.

Погрузчик представляет из себя самоходное техническое устройство для перевозки грузов, оснащенное вилами или ковшом, с его помощью можно выполнять разгрузочно-погрузочные работы на складе, захват и подъем грузов, а также сходные по функционалу задачи. Без такой спецтехники невозможно представить работу кампаний, занимающихся грузоперевозками, коммунальных служб, строительных организаций, поскольку погрузчик существенно упрощает процесс перемещения материалов и товаров, тем самым, повышает эффективность работы.

Ковшовые погрузчики могут производить выемку-перенос грунта, песчаных и каменных пород, мусорных скоплений, снега. Спецтехника данного рода может оснащаться как одним, так и несколькими ковшами одновременно. Техника, имеющая один ковш, производит работу в циклическом режиме. Поскольку грузоподъемность является главной рабочей характеристикой такого рода оборудования, при выборе привода предпочтение отдается гидравлическим системам, к достоинствам которых относится не только высокая удельная мощность, но и относительно низкая инерционность при реверсе, способность длительное время удерживать нагрузку на рабочем органе, устойчивость к перегрузкам, а также простота обслуживания и ремонта [1-4].

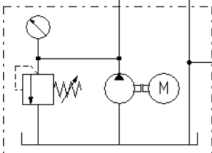
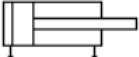
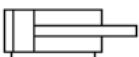
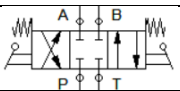

Исходя из вышеизложенного, разработка имитационной модели гидравлической системы управления погрузчика является актуальной задачей.

В данной работе представлено моделирование гидравлической системы управления погрузчика при помощи пакета FLUIDSIM 4 библиотеки Hydraulics фирмы «FESTO» [1,5,6].

Имитационная модель системы управления погрузчика, изображенная на рисунке 1А, состоит из: насосного агрегата 0V0; гидроцилиндров поворота ковша двухстороннего действия C1, C2; гидроцилиндров подъема-опускания стрелы двухстороннего действия C3, C4; моностабильных распределителей 4/3 с рычажным управлением 0V1, 0V2; фильтра F1. Список условных обозначений элементов имитационной модели гидравлической системы управления погрузчика приведен в таблице 1.

Таблица 1

Список условных обозначений элементов имитационной модели

№ п/п	Условное обозначение	Обозначение на схеме	Название
1	0V0		Насосный агрегат с баком
2	C1, C2		Гидроцилиндры поворота ковша двухстороннего действия
3	C3, C4		Гидроцилиндры подъема-опускания стрелы двухстороннего действия
4	0V1, 0V2		Моностабильный распределитель 4/3 с рычажным управлением
5	F1		Фильтр

В изначальном состоянии гидравлической системы управления погрузчика – гидроцилиндры (C1, C2, C3, C4) втянуты и давление в системе равно нулю, что соответствует схеме А на рисунке 1. При включении насосного агрегата (0V0) сжатая рабочая жидкость, проходя через фильтр (F1), устремляется к моностабильным распределителям 4/3 с рычажным управлением (0V1, 0V2), поскольку распределители находятся в центральном положении, гидроцилиндры (C1, C2, C3, C4) втянуты, что соответствует схеме Б на рисунке 1.

Для управления стрелой погрузчика необходимо задействовать моностабильный распределитель 4/3 (0V1). Для подъема стрелы погрузчика нужно перевести рычаг в соответствующее положение, после чего происходит подача рабочей жидкости в бесштоковые полости гидроцилиндров (C1, C2), что приводит к плавному выдвиганию штоков гидроцилиндров и соответствует схеме В на рисунке 1.

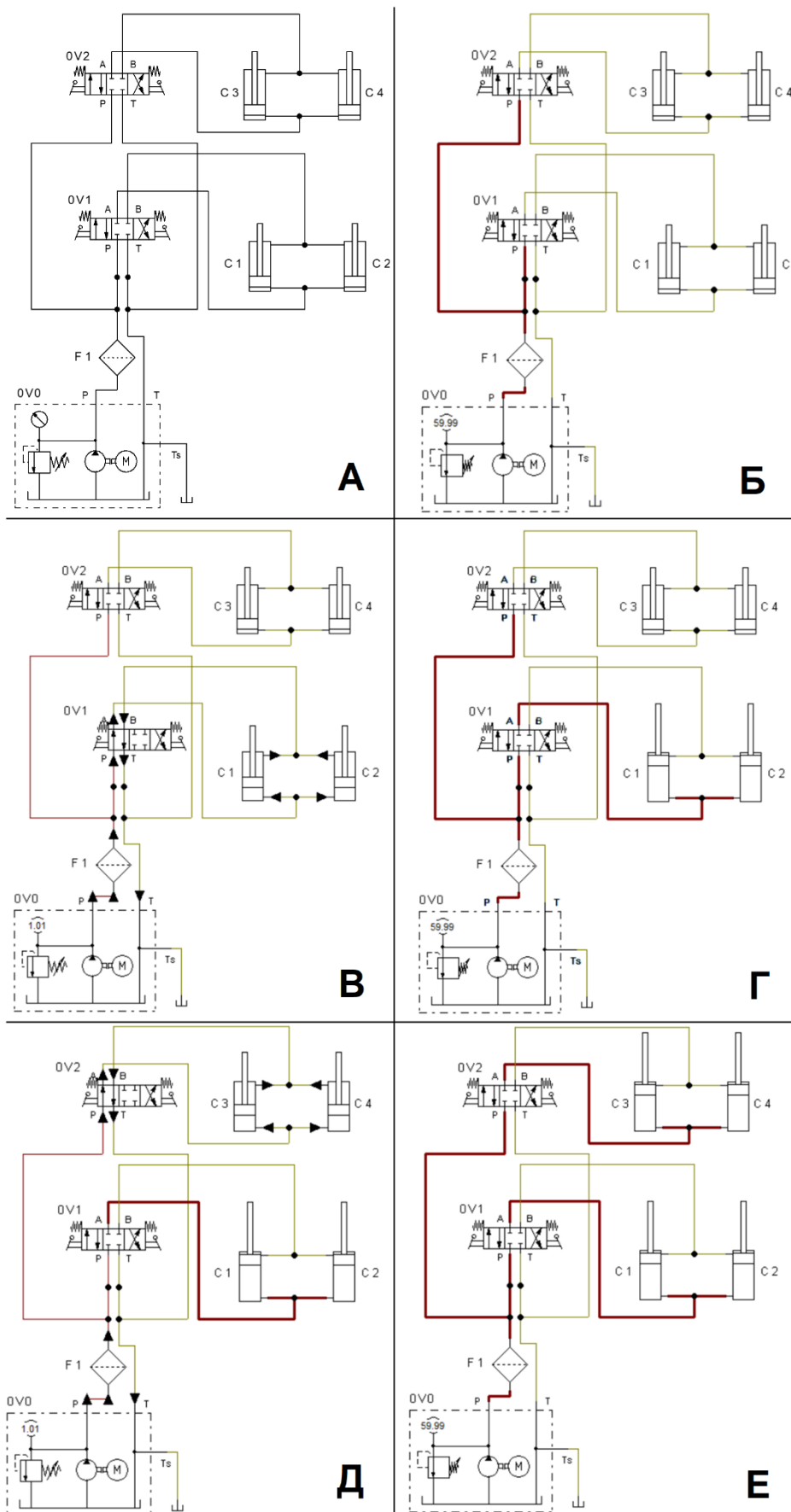


Рис. 1. Имитационная модель гидравлической системы управления погрузчика и пошаговая работа системы: А – Имитационная модель; Б – Запуск насосного агрегата, В – Процесс подъема стрелы погрузчика; Г – Стрела погрузчика в крайнем верхнем положении; Д – Процесс поворота ковша; Е – Ковш повернут в крайнее верхнее положение

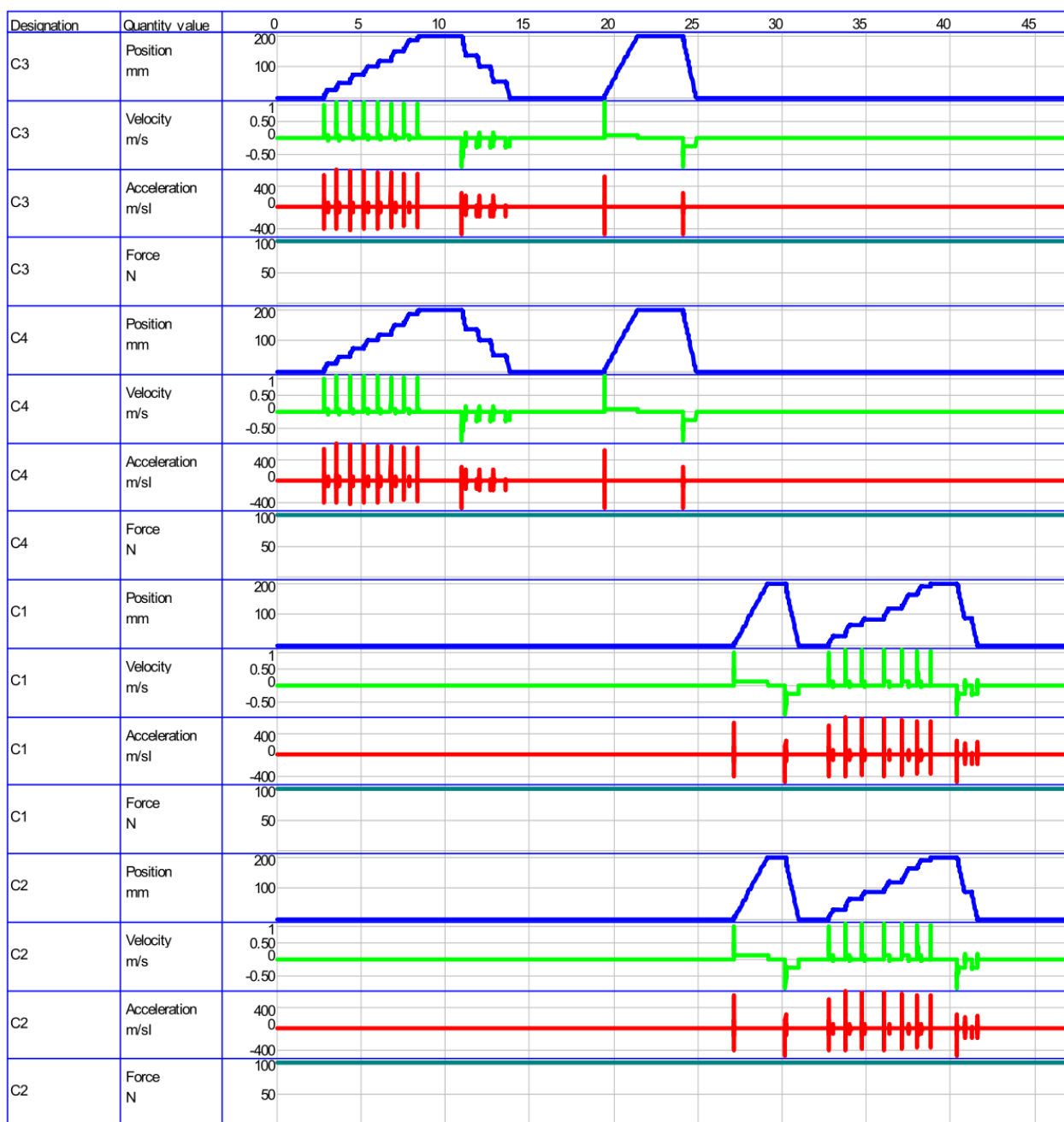


Рисунок 2 – Переходные процессы работы гидравлической системы управления погрузчика:
 «C1, C2, C3, C4, Position mm» – перемещение штоков цилиндров, мм;
 «C1, C2, C3, C4, Velocity m/s» – скорость перемещения цилиндров, м/с;
 «C1, C2, C3, C4, Acceleration m/s²» – ускорение цилиндров, м/с²;
 «C1, C2, C3, C4, Force N» – сила действующая на штоки цилиндров, Н

На рисунке 1Г представлена схема, соответствующая поднятой стреле в крайнее верхнее положение. Опускание стрелы происходит аналогичным способом, для этого нужно перевести рычаг в соответствующее положение, после чего происходит подача рабочей жидкости в штоковые полости гидроцилиндров (C1, C2), в то же время жидкость находящаяся в бесштоковых полостях циркулирует через распределитель (0V1) обратно в насосный агрегат (0V0).

Для управления поворотом ковша погрузчика необходимо задействовать моностабильный распределитель 4/3 (0V2). Для подъёма ковша погрузчика нужно перевести рычаг в соответствующее положение, после чего происходит подача рабочей жидкости в бесштоковые полости гидроцилиндров (C3, C4), что приводит к плавному выдвиганию штоков

гидроцилиндров и соответствует схеме Д на рисунке 1.

На рисунке 1Е представлена схема, соответствующая поднятому ковшу в крайнее верхнее положение. Опускание ковша происходит аналогичным способом, для этого нужно перевести рычаг в соответствующее положение, после чего происходит подача рабочей жидкости в штоковые полости гидроцилиндров (С3, С4), в то же время жидкость находящаяся в бесштоковых полостях циркулирует через распределитель (0V2) обратно в насосный агрегат (0V0).

В ходе имитационного моделирования были получены переходные процессы работы гидравлической системы управления погрузчика «С1, С2, С3, С4, Position mm» – перемещение штоков цилиндров, мм; «С1, С2, С3, С4, Velocity m/s» – скорость перемещения цилиндров, м/с; «С1, С2, С3, С4, Acceleration m/sl» – ускорение цилиндров, м/с²; «С1, С2, С3, С4, Force N» – сила действующая на штоки цилиндров, Н.

Разработанная имитационная модель гидравлической системы управления погрузчика имеет два режима работы. В первом случае выдвигание штоков цилиндров может происходить ступенчато, что соответствует рисунку 2, на котором изображены полученные графики переходных процессов перемещения штоков цилиндров С3 и С4, на временном участке от 0 до 15 секунд, цилиндры С1 и С2 работают в аналогичном режиме в промежутке от 32 до 42 секунд.

Во втором случае выдвигание штоков цилиндров С3 и С4 происходит равномерно, что соответствует временному промежутку от 19 до 25 секунд, равномерное выдвигание цилиндров С1 и С2 происходит в промежутке с 27 до 31 секунды (см. рисунок 2).

Подводя итог, на основании полученных переходных характеристик работы имитационной модели, можно прийти к выводу, что разработанная имитационная модель гидравлической системы управления погрузчика адекватна и имеет практическую значимость, поскольку может найти применение в грузоперевозках, коммунальных хозяйствах, строительных организациях и складских помещениях. Кроме всего прочего, полученные результаты могут найти применение в учебной деятельности при подготовке бакалавров по направлениям 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств» и 15.03.06 «Мехатроника и робототехника», а также смежных направлений подготовки, изучающие гидравлические системы управления.

Список литературы

1. FESTO. Пневмоавтоматика. Издательство "FESTO Didactic" - 2005, - 145 с.
2. Воссин А.В. Моделирование гидравлической принципиальной схемы привода зажимного механизма при помощи пакета FLUIDSIM HYDRAULICS // В сборнике: ДНИ СТУДЕНЧЕСКОЙ НАУКИ. Сборник материалов 48-й научной конференции обучающихся СамГУПС . 2021. С. 208-209.
3. Терехин М.А., Гоннов А.И., Воссин А.В., Сафин Р. Р. Имитационная модель гидравлической системы управления цилиндром двустороннего действия в режиме однократного цикла при помощи обратного клапана на базе пакета FLUIDSIM hydraulics // 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. 138-141.
4. Терехин М.А., Гоннов А.И., Воссин А.В., Сафин Р.Р., Припутников А.П. Имитационная модель гидравлической системы управления цилиндром двустороннего действия при помощи моностабильного распределителя 4/2 с одновременным регулированием скорости выдвигания на базе пакета FLUIDSIM hydraulics // 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. 142-145.

5. Гоннов А.И., Рудаков А.А., Антонова В.В., Полтева Е.А., Сандлер И.Л. Имитационная модель системы управления цилиндром двустороннего действия в режиме непрерывного цикла с помощью моностабильного силового распределителя на базе пакета FLUIDSIM // Наука и образование транспорту. 2020. № 2. С. 19-23.
6. Антонова В.В., Гоннов А.И., Рудаков А.А., Чертыковцева Н.В. Имитационная модель системы управления цилиндром двухстороннего действия при выполнении одиночного цикла с защитой в начале цикла на базе пакета FLUIDSIM // Наука и образование транспорту. 2020. № 2. С. 3-5.

УДК 681.521.35,519.576.21

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРИВОДА СТРОИТЕЛЬНОГО ПОДЪЕМНИКА

Воссин А.В., Сургучёв И.В.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. В данной работе представлено моделирование гидравлической системы управления привода строительного подъемника, выполненное на базе пакета Fluidsim 4 библиотеки Hydraulic фирмы «FESTO». В ходе моделирования получены переходные характеристики гидроцилиндров в различных режимах работы системы управления

Ключевые слова: гидравлическая система управления, имитационная модель, привод строительного подъемника, fluidsim, переходные процессы.

SIMULATION OF THE HYDRAULIC CONTROL SYSTEM OF THE CONSTRUCTION LIFT DRIVE

Vossin A.V., Surguchev I.V.

Samara, Samara State Transport University

Abstract: this paper presents a simulation of the hydraulic control system of the construction elevator drive, made on the basis of the Fluidsim 4 package of the Hydraulic library of the company "FESTO". During the simulation, transient characteristics of hydraulic cylinders in various modes of operation of the control system were obtained

Keywords: hydraulic control system, simulation model, construction hoist drive, fluidsim, transients.

Строительство различных видов сооружений началось еще до н. э., некоторые из которых требовали использование специального оборудования для подъема различных грузов, так, например, Египетские пирамиды, возведенные приблизительно в 1,5 тысячи лет до н.э., были построены из камней весом в 2-3 тонны. Позднее, в начале XX века, когда появилась проблема оснащения механическим оборудованием промышленных цехов, появились первые подъемные платформы (строительные подъемники), в процессе эксплуатации которых обнаружился существенный недостаток, а именно, чувствительность к эксцентриситету нагрузки.

На сегодняшний день строительные подъемники используются для подъема или опускания различных грузов и людей на сооружениях при выполнении ремонтных, отделочных и строительно-монтажных работ. Основная работа ложится на грузонесущие органы, которые осуществляют движение по вертикальным жестким направляющим. Гидравлический привод осуществляет перемещение платформы, образуя давление жидкости, которое создает необходимое усилие.

Внедрение гидравлического привода обуславливается следующими преимуществами: гидравлического усилия будет достаточно для подъема тяжелых или крупногабаритных

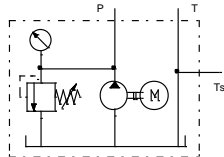
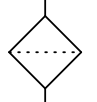
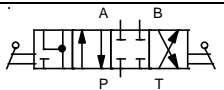

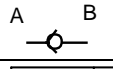
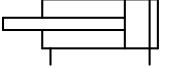
грузов; плавное перемещение жидкости создает плавный подъем и плавное опускание платформы, исключая риск случайного падения груза; наличие широкого ассортимента для улучшения конструкции.

В работе представлено моделирование гидравлической системы управления привода строительного подъемника, выполненное на базе пакета Fluidsim 4 библиотеки Hydraulic фирмы «FESTO» [1-3].

Имитационная модель гидравлической системы управления привода строительного подъемника состоит из следующих элементов: насосная станция, фильтр, моностабильный гидравлический распределитель 4/3 с рычажным управлением, дроссельный клапан, обратный клапан, гидравлический цилиндр двухстороннего действия. Список условных обозначений элементов имитационной модели гидравлической системы управления привода строительного подъемника находится в таблице 1.

Таблица 1

Элементы имитационной модели

№п/п	Условное обозначение	Обозначение на схеме	Название
1	NS1		Насосная станция
2	F1		Фильтр
3	GR1		Моностабильный гидравлический распределитель 4/3 с рычажным управлением
	DK1		Дроссельный клапан
4	OK1		Обратный клапан
5	C1, C2		Гидравлический цилиндр двухстороннего действия

Процесс работы гидравлической имитационной модели привода строительного подъемника описывается следующими этапами на интервалах времени:

Этап 1 – насосная станция (NS1) создает давление в рабочих контурах системы и поступает к моностабильному гидравлическому распределителю 4/3 с рычажным управлением (GR1). Данный процес представлен на схеме А рисунок 2 и соответствует интервалу времени от 0 до 1 секунды (см. рисунок 3).

Этап 2 – при помощи воздействия на рычаг гидравлического распределителя (GR1) рабочая жидкость проходит через дроссельный клапан (DK1), который регулирует скорость подачи жидкости толщиной сечения, и поступает в бесштоковую полость цилиндров двухстороннего действия (C1, C2), обеспечивая их выдвигание. Данный процесс изображен на рисунке 2Б и соответствует интервалу времени от 1 до 3 секунды (см. рисунок 3).

Этап 3 – следующее рабочее положение распределителя (GR1) осуществляет задвижение штоков цилиндров (C1, C2) путем стравливания рабочей жидкости из бесштоковой области без гидравлического усилия на штоковую. Жидкость поступает в бак через обратный (OK1) и

дрессельный клапан (DK1). Данный процесс представлен на рисунке 2В и соответствует интервалу времени от 3 до 5 секунд на рисунке 3.

Этап 4 – при повторном выдвижение штоков цилиндров (C1, C2), изображенном на интервале времени от 5 до 7 секунд (см. рисунок 3), задействуется еще одно рабочее положение распределителя (GR1): штоки цилиндров (C1, C2) принимают исходное положение путем разницы давлений в бесштоковой и штоковой областях цилиндров. Данный процесс представлен на рисунке 2Г и соответствует интервалу времени от 8 до 10 секунд (см. рисунок 3).

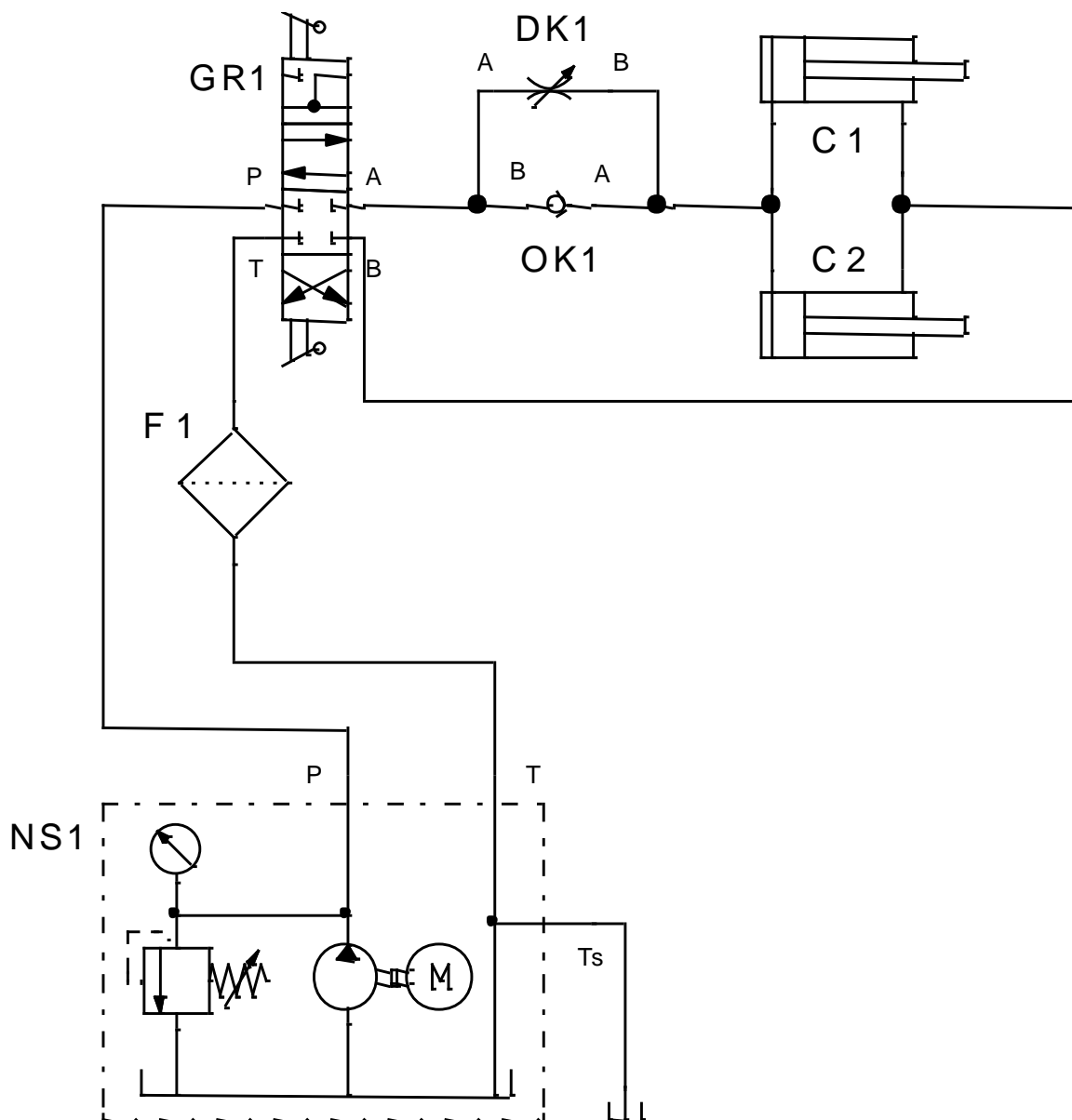


Рис. 1. Имитационная модель гидравлической системы привода строительного подъемника

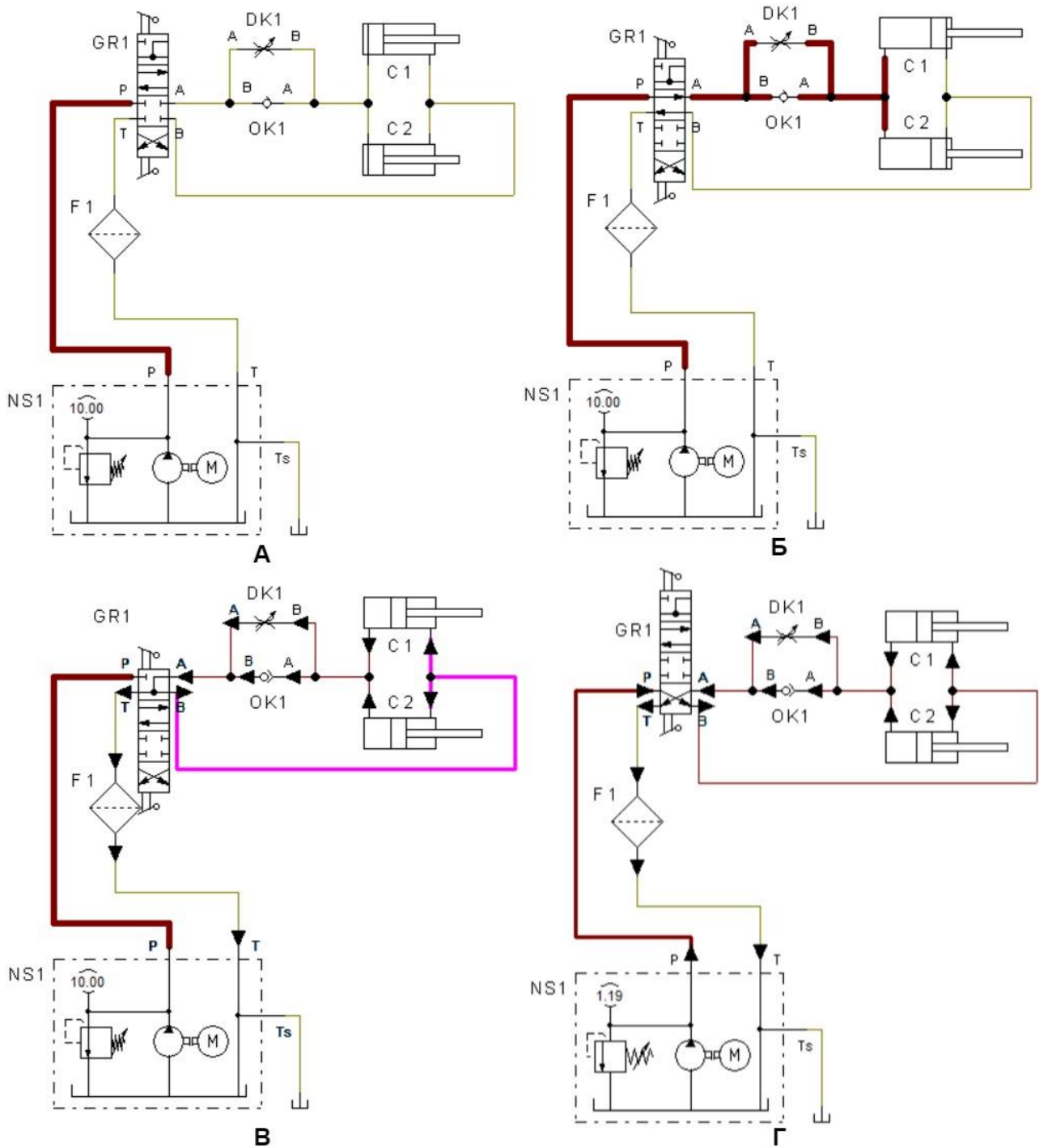


Рис. 2. Пошаговая работа системы: А – Исходное состояние системы; Б – Выдвижение штоков цилиндров, В – Втягивание штоков цилиндров; Г – Втягивание штоков цилиндров путем разницы давлений

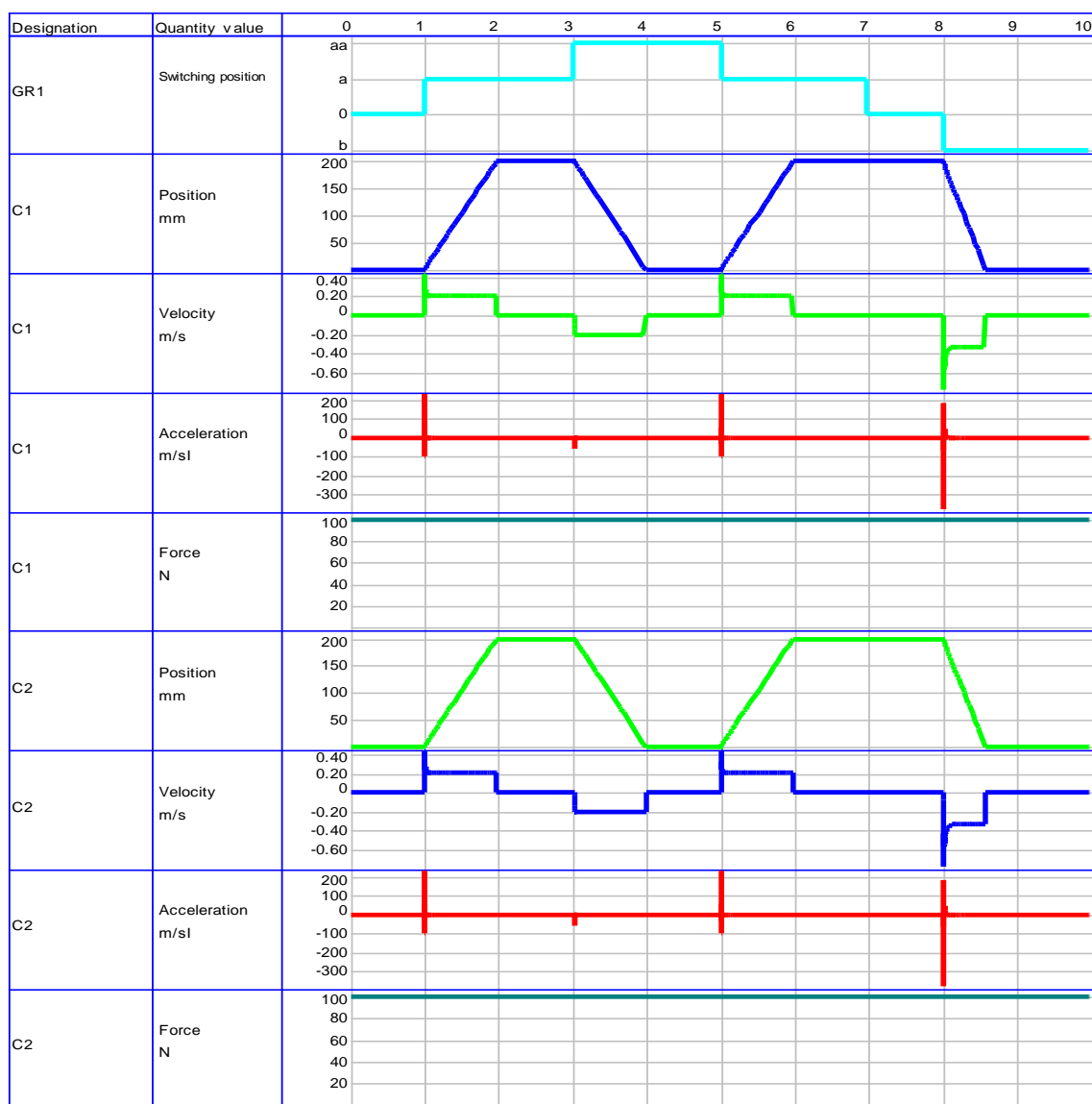


Рис. 3. Переходные процессы работы имитационной модели гидравлической системы привода органа фронтального погрузчика: «GR1, Switching position» – положение переключателя моностабильного распределителя 4/3 с рычажным управлением и возвратными пружинами; «C1, C2, Position mm» – перемещение штоков цилиндров, мм; «C1, C2, Velocity m/s» – скорость перемещения поршней цилиндров, м/с; «C1, C2, Acceleration m/s²» – ускорение поршней цилиндров, м/с²; «C1, C2, Force N» – усилие, действующее на штоки цилиндров, Н

В ходе имитационного моделирования гидравлической системы управления привода строительного подъемника были получены переходные процессы, изображенные на рисунке 3: «GR1, Switching position» – положение переключателя моностабильного распределителя 4/3 с рычажным управлением и возвратными пружинами; «C1, C2, Position mm» – перемещение штоков цилиндров, мм; «C1, C2, Velocity m/s» – скорость перемещения поршня цилиндра, м/с; «C1, C2, Acceleration m/s²» – ускорение поршня цилиндра, м/с²; «C1, C2, Force N» – усилие, действующее на шток цилиндра, Н.

Полученные графики переходных процессов свидетельствуют о том, что разработанная имитационная модель гидравлической системы управления привода строительного подъемника является адекватной и соответствует поведению реальной системы. Полученные результаты могут быть использованы студентами технических специальностей для наглядного изучения гидравлических систем управления.

Список литературы

1. Иванов В.И., Сазанов И.И., Схиртладзе А.Г., Трифонова Г.О. Гидравлика. В 2 т. Т 1: Основы механики жидкости и газов: Учебник для студ. учреждений высш. проф. образования. М.: Академия, 2012.
2. Воссин А.В. Моделирование гидравлической принципиальной схемы привода зажимного механизма при помощи пакета FLUIDSIM HYDRAULICS // В сборнике: ДНИ СТУДЕНЧЕСКОЙ НАУКИ. Сборник материалов 48-й научной конференции обучающихся СамГУПС . 2021. С. 208-209.
3. Терехин М.А., Гоннов А.И., Воссин А.В., Сафин Р.Р., Припутников А.П. имитационная модель гидравлической системы управления цилиндром двустороннего действия при помощи моностабильного распределителя 4/2 с одновременным регулированием скорости выдвижения на базе пакета FLUIDSIM HYDRAULICS // В сборнике: МЕХАТРОНИКА, АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ НА ТРАНСПОРТЕ. материалы III Всероссийской научно-практической конференции. 2021. С. 142-145.

УДК 65.012.2

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА: «ДЕТСКИЙ КЛУБ ПО РОБОТОТЕХНИКЕ И МЕНТАЛЬНОЙ МАТЕМАТИКЕ»

Додорина И.В., Брагина И.Н.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. Деятельность студии направлена не только на получение прибыли, но и на решение социальных задач и может рассчитывать на получение денежных грантов от государства и сотрудничество с другими крупными компаниями в регионе. Также возможна разработка и патентование авторских методик преподавания. Для решения поставленных задач был проведен анализ рисков, экономический, временной, территориальный и социальный анализ проекта, расчёт окупаемости без учета инфляции и с ее учетом.

Ключевые слова: PEST-анализ, SWOT-анализ, диаграмма Ганта, бюджет проекта, окупаемость проекта.

TECHNICAL AND ECONOMIC JUSTIFICATION OF THE PROJECT: "CHILDREN'S CLUB ON ROBOTICS AND MENTAL MATHEMATICS"

Dodorina I.V., Bragina I.N.

Samara State Transport University

Abstract. The studio's activities are aimed not only at making a profit, but also at solving social problems and can count on receiving financial grants from the state and cooperation with other large companies in the region. It is also possible to develop and patent the author's teaching methods.

To solve the set tasks, a risk analysis, economic, temporal, territorial and social analysis of the project was carried out, calculation of payback without taking into account inflation and taking it into account.

Keywords: PEST analysis, SWOT analysis, Gantt chart, project budget, project payback.

Каждый проект начинается с выбора цели. Цель - это не только конечный результат проекта, но и путь, выбранный для его достижения. Как правило, наиболее важными рычагами в управлении проектом являются сроки и стоимость получения результатов, используемые технологии и ресурсы проекта [1].

Создание данного проекта «Детский клуб по робототехнике и ментальной математике» очень актуально, так как на данный момент повсеместно очень остро стоит вопрос нехватки

мест в детских садах. Родители ищут возможность совместить заботу о ребенке и осуществление профессиональной деятельности. Клуб детского творчества стал бы отличной альтернативой детскому саду, так как для детей в любом возрасте очень важно общаться со своими сверстниками. Это дает возможность пройти процесс социализации. Ребенок в коллективе начинает ассоциировать себя с обществом, искать для себя в нем подходящее место. Именно поэтому очень важно давать своему ребенку возможность общаться. В свою очередь родители получают возможность работать. Дома не все семьи могут качественно организовать досуг ребенка, именно поэтому детский клуб будет так же интересен и в качестве увлекательного досуга для школьников, ведь творчество лучше гаджетов, которыми дети чаще всего занимают свое свободное время.

Потенциальные потребители: это активные и независимые родители, уделяющие внимание воспитанию собственных детей. Если говорить о социальном статусе, то нужно сказать, что чаще всего это будут люди со средним достатком и выше среднего.

Открытие развивающего детского клуба планируется в Промышленном районе города Самара, так как в нем очень мало студий дополнительного образования. Рядом в радиусе 5 остановок их вообще нет. Это видно на карте (рисунок 1), представленной ниже.

В нем будут проводиться занятия для детей от 3 до 17 лет. Для комфортного самочувствия обучающихся занятия будут проходить в малых группах, а именно:

- группа дошкольного возраста. Возраст аудитории от 3 до 7 лет;
- группа младшего школьного возраста. Возраст аудитории от 7 до 11 лет.
- группа старшего школьного возраста. Возраст аудитории от 11 до 17 лет.

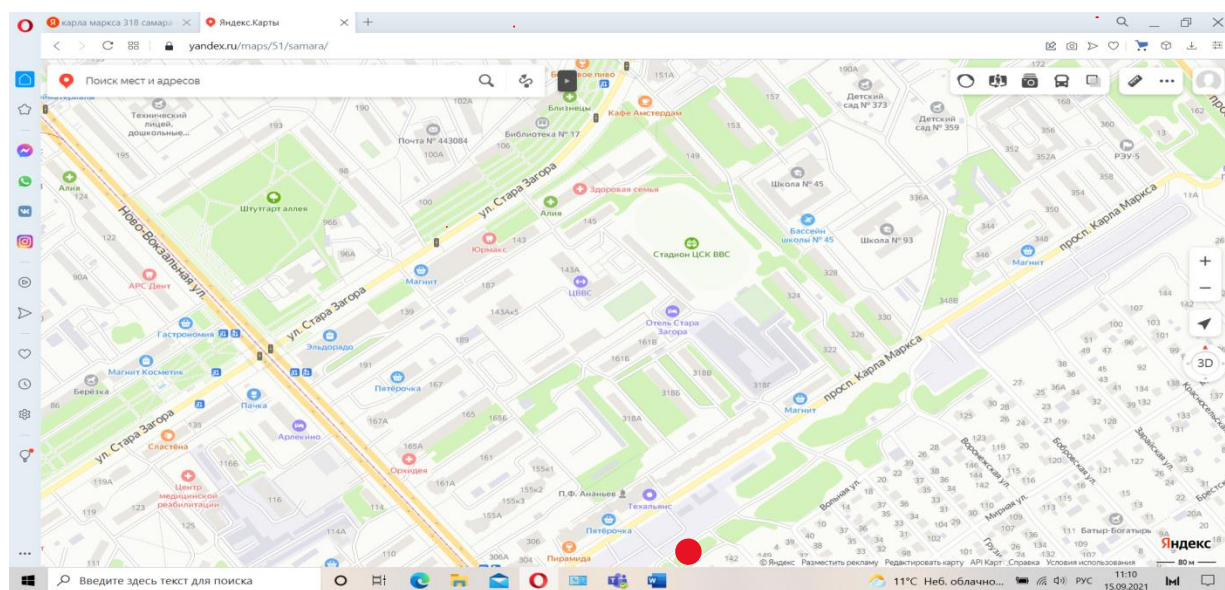


Рис. 1. Расположение детского клуба в Промышленном районе города Самара

Каждый проект реализуется через взаимодействие с окружающей средой - государством, обществом, компанией, командой проекта, ее заказчиками, подрядчиками и т.п. Поэтому влияние внешних и внутренних факторов на проект проанализируем двумя способами: PEST и SWOT-анализом [2].

1. PEST-анализ классифицирует влияние факторов, которые окружают проект, по следующим категориям – политика, экономика, социокультурные и технологические аспекты (таблица 1).

2. SWOT-анализ применяется для оценки явлений и факторов, оказывающих влияние на проект по четырем параметрам: сильные стороны, слабые стороны, потенциальные возможности и потенциальные угрозы (таблица 2).

Таблица 1

PEST-анализ проекта

Политика	Экономика
1. Относительная стабильность политической ситуации в стране 2. Необходимость подчиняться нормам рынка и законодательства 3. Понятная структура работы органов власти. 4. Возможность получения финансовой помощи от государства 5. Свободная возможность открытия ИП.	1. Проблемы налогообложения 2. Относительно невысокий стартовый капитал 3. Высокие цены на аренду и продажу недвижимости 4. Высокий уровень инфляции в стране 5. Высокие требования к заемщику у банков при выдаче кредитных продуктов
Социокультурные	Техника
1. Ориентирование на детский возраст 2. Возможность посещения для лиц с достатком выше среднего 3. Наличие квалифицированных кадров для осуществления деятельности 4. Не высокие требования к dress-коду при посещении студии 5. Толерантное отношение к лицам любого вероисповедания	1. Высокая популярность робототехники у населения 2. Влияния digital-технологий на быт населения 3. Необходимость соблюдения определенных норм для эффективной работы оборудования 4. Высокая стоимость оборудования 5. Трудность в ремонте и покупке качественных зап. частей и комплектующих.

Таблица 2

SWOT анализ проекта

Сильные стороны	Слабые стороны
1. Высокое качество оказываемой услуги 2. Квалифицированные сотрудники 3. Высокие перспективы развития. 4. Наличие хорошо продуманного бизнес-плана 5. Невысокий объем инвестиций	1. Высокая конкуренция 2. Дорогостоящее оборудование 3. Устаревшие образовательные программы 4. Трудности в подборе квалифицированного персонала 5. Трудности в подборе помещения и его зонирования ввиду высоких требований к его эксплуатации.
Возможности	Угрозы
1. Окупаемость проекта за счет малых затрат. 2. Заинтересованность потребителя 3. Развитие образовательной сферы региона 4. Доступность оказываемых услуг 5. Развитие коммуникативных навыков и возможная разработка авторских методик преподавания.	1. Риск банкротства 2. Травмоопасность при осуществлении деятельности 3. Отток квалифицированных кадров 4. Спад интереса у потребителя 5. Возможность смены места оказания услуги и как следствие увеличение расходов.

Чтобы правильно управлять временем проекта необходимо построить диаграмму Ганта - инструмент, который иллюстрирует план проекта. На диаграмме видны не только сами задачи, но и их последовательность. Это позволит ничего не забыть и сделать всё своевременно (рисунок 2).

Подготовка бюджета - проведение оценки затрат по проекту для определения денежного выражения проектной деятельности. Основная цель бюджетирования - гарантировать, что ожидаемые затраты в денежной сумме привязаны к целям и плану работы [2]. Стоимость проекта определяется суммой стоимости ресурсов проекта и стоимости выполнения работ по проекту (таблица 3).

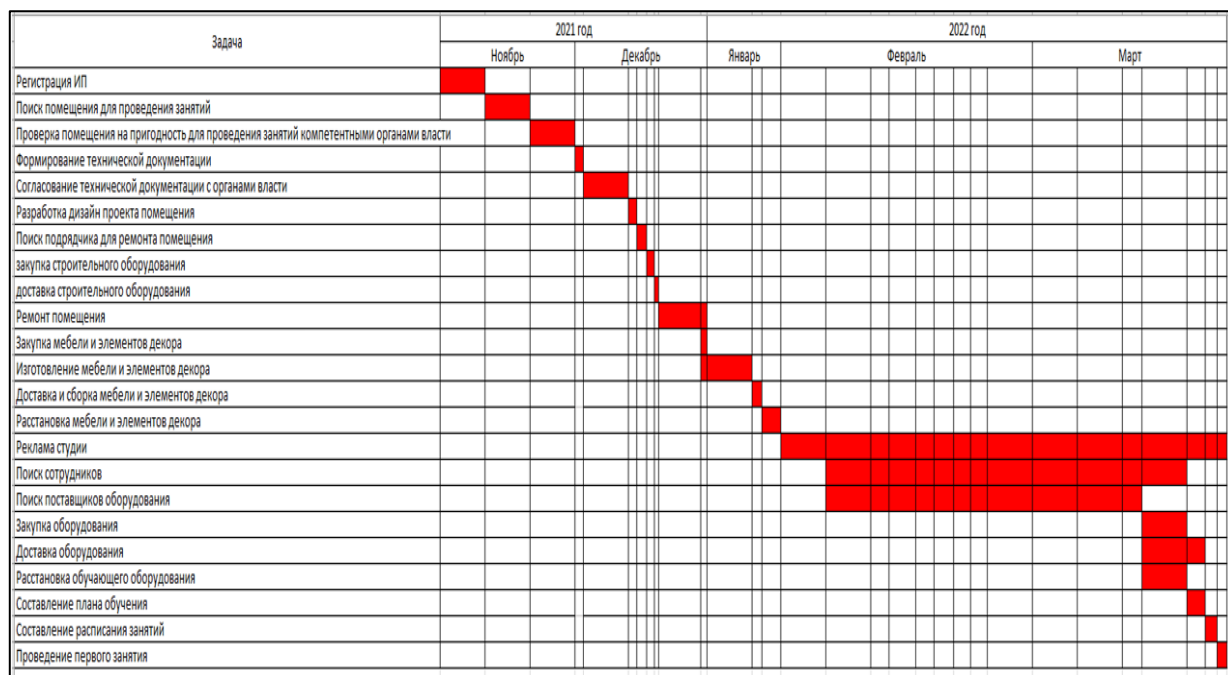


Рис. 2. Диаграмма Ганта

Таблица 3

Бюджетирование проекта

Наименование задачи	Начало работ	Окончание работ	Итого дней	Стоимость в рублях	Уд. вес, %
Регистрация ИП:	01.11.2021	10.11.2021	10	3500	0,29%
Поиск помещения, его аренда для проведения занятий	10.11.2021	20.11.2021	10	35000	2,90%
Проверка помещения на пригодность для проведения занятий компетентными органами власти	20.11.2021	02.12.2021	13	5000	0,41%
Формирование технической документации и ее согласование с органами власти	02.12.2021	03.12.2021	2	7000	0,58%
Разработка дизайн проекта помещения	13.12.2021	15.12.2021	3	0	0,00%
Поиск подрядчика для ремонта помещения	15.12.2021	17.12.2021	3	0	0,00%
Закупка строительного оборудования:	17.12.2021	17.12.2021	1	30000	24,89%
доставка строительного оборудования	17.12.2021	18.12.2021	2	0	0,00%
Ремонт помещения:	18.12.2021	31.12.2021	14	10000	8,30%
Закупка мебели и элементов декора; доставка мебели и элементов декора; сборка мебели и элементов декора;	31.12.2021	31.12.2021	1	27000	22,40%
Реклама студии	16.01.2022	16.03.2022	61	5000	0,41%

Поиск сотрудников	16.02.2022	10.03.2022	23	0	0,00%
Поиск поставщиков оборудования	16.02.2022	06.03.2022	20	0	0,00%
Закупка и расстановка оборудования	06.03.2022	06.03.2022	1	410000	34,01%
Доставка оборудования	06.03.2022	12.03.2022	6	0	0,00%
Составление плана обучения	12.03.2022	13.03.2022	2	0	0,00%
Составление расписания занятий	13.03.2022	14.03.2022	2	0	0,00%
Проведение первого занятия (выплата зарплаты сотрудникам):	16.03.2022	16.03.2022	1	70000	5,81%
Итого				1205500	100,00%

При разработке проекта всегда интересно посмотреть, когда вложения окупятся и принесут стабильную прибыль. Показатель «срок окупаемости» используется для оценки эффективности вложений [3]. Срок окупаемости - один из важнейших параметров при принятии инвестиционного решения: стоит ли вкладывать деньги в проект или нет?

Существует 2 способа расчета срока окупаемости:

- Простой (PP)
- Дисконтированный/ динамичный (DPP)

Расчет простого срока окупаемости (таблица 4) верен только при соблюдении следующих требований:

- инвестиции разовые и вкладываются в начале проекта;
- доход поступает стабильно и равными размерами (колеблется в пределах 5%);
- отчетный период является одинаковым.

Фактор времени в простом сроке окупаемости не учитывается. Для расчета срока окупаемости с учетом изменения стоимости денег во времени и используется дисконтированный способ расчета (таблица 5).

Таблица 4

Расчет простого срока окупаемости

Период (месяц)	0	1	2	3	4
Инвестиции, тыс. руб.	-1205,5				
Среднемесячный доход, тыс. руб.		380	380	380	380
Денежный поток, тыс. руб.	-1205,5	380	380	380	380
Денежный поток нарастающим итогом, тыс. руб.	-1205,5	-825,5	-445,5	-65,5	314,5

Простой срок окупаемости составил 4 месяца.

Таблица 5

Расчет дисконтированного срока окупаемости проекта

Период (месяц)	0	1	2	3	4	5
Инвестиции, тыс. руб.	-1205,5					
Среднемесячный доход, тыс. руб.		380	380	380	380	380
Денежный поток, тыс. руб.	-1205,5	380	380	380	380	380
Дисконт		1,1	1,21	1,33	1,46	1,48
Дисконтированный денежный поток, тыс.руб.		345,45	314,05	285,71	260,27	256,76
Дисконтированный денежный поток нарастающим итогом, тыс. руб.	-1205,5	860,05	-546	260,29	-0,02	256,74

Дисконтированный срок окупаемости проекта составил 5 месяцев. Именно за этот период сумма дисконтированных доходов покрывает сумму первоначальных вложений.

Таким образом, из полученных результатов можно сделать следующие выводы:

- проект является социально-значимым;
- проект доступен в исполнении;
- относительно невысокий объем инвестиций, необходимых для реализации проекта;
- минимальные сроки реализации проекта;
- быстрая окупаемость проекта.

Следовательно проект является рентабельным, а бизнес доходным.

Список литературы

1. Управление проектами : учебник и практикум для вузов / А. И. Балашов, Е. М. Рогова, М. В. Тихонова, Е. А. Ткаченко ; под общей редакцией Е. М. Роговой. — Москва: Издательство Юрайт, 2020. — 383 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-00436-6. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/449791>
2. Холодкова, В. В. Управление инвестиционным проектом : практическое пособие / В. В. Холодкова. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 302 с. — (Профессиональная практика). — ISBN 978-5-534-09088-8. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/494291>
3. Румянцева, Е. Е. Инвестиционный анализ : учебное пособие для вузов / Е. Е. Румянцева. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 281 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-10389-2. — URL : <https://urait.ru/bcode/471322>

УДК 004.94

АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМОЙ ГРУЗОВЫХ ПОЕЗДОВ

Засов В.А., Зарипов Р.А.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. В работе предложены принципы и подходы к автоматизации контроля и управления тормозной системой грузовых поездов, повышенных веса и длины. Реализующая изложенные принципы система контроля и управления торможением грузовых поездов обеспечивает автоматизацию решения следующих задач: контроль технического состояния тормозной системы в парке отправления и в пути следования; управление тормозной системой в различных режимах торможения. Торможение может осуществляться осуществляется как с головы поезда, так и синхронно – с головы и хвоста поезда одновременно (для поездов повышенных веса и длины), что позволяет предотвратить превышение допустимых динамических усилий в различных сечениях поезда при торможении.

Ключевые слова: грузовой поезд, тормозная магистраль, синхронное торможение, контроль, управление

AUTOMATION OF MONITORING AND CONTROL OF THE BRAKE SYSTEM OF FREIGHT TRAINS

Zasov V.A., Zaripov R. A.

Samara, Samara State Transport University

Abstract. The paper proposes principles and approaches to the automation of monitoring and control of the braking system of freight trains of increased weight and length. The system for monitoring and controlling the braking of freight trains, which implements the stated principles, ensures the automation of the solution of the following tasks: monitoring

the technical condition of the braking system in the departure fleet and along the route; control of the braking system in various braking modes. Braking can be carried out both from the head of the train and synchronously - from the head and tail of the train at the same time (for trains of increased weight and length), which makes it possible to prevent exceeding the permissible dynamic forces in different sections of the train during braking.

Key words: freight train, brake line, synchronous braking, monitoring, control

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 [1, 2].

Действительно, даже при самой эффективной работе тормозного оборудования скорость тормозной волны не превышает 300 м/с. Поэтому процесс торможения хвостовой части 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 кТс. Возникающие продольно-динамические усилия сжатия могут привести к выдавливанию вагонов из рельсовой колеи и к сходу подвижного состава [3, 4].

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 [3, 4].

Задачи контроля и управления тормозной системой 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.

Для решения этих задач разработаны различные средства контроля и управления тормозной системой грузовых поездов [1, 4, 5, 6]. Разработанные и применяемые системы и устройства контроля состояния тормозного имеют ограниченные функциональные возможности, т.к. не обеспечивают решение всех вышеперечисленных задач. Уровень автоматизации решения этих задач недостаточен. Применяемые системы и устройства являются по сути экспериментальными и реализованы на базе специализированных программно-аппаратных средств вычислительной техники, что снижает её технологические характеристики, усложняет производство и применение.

Поэтому актуальной задачей является разработка системы контроля и управления тормозной системой грузовых поездов повышенных веса и длины, реализующей на высоком уровне автоматизации весь перечень вышеуказанных задач и использующей типовые и выпускаемые серийно изделия вычислительной техники, средства коммуникации и программное обеспечение.

Решению этой актуальной задачи посвящена настоящая работа.

Для изучения продольной динамики поезда с учётом газодинамических процессов в тормозной магистрали в [3] предложена следующая комплексная математическая модель.

Эта модель состоит из двух взаимосвязанных моделей: первая модель предназначена для исследования продольных динамических сил в поезде, вторая модель предназначена для исследования газодинамических процессов в тормозной сети.

Представленная в [3] комплексная модель интересна с теоретической точки зрения, так как связывает продольные динамические силы в поезде и газодинамические процессы в тормозной системе поезда.

К сожалению, степень адекватности модели [3] и реальной тормозной пневматической системы недостаточна для практического применения на транспорте.

Действительно, скорость воздушной волны и сопротивления трения, учет утечки воздуха из тормозной сети, дополнительная разрядка магистрали и ряд других параметров в моделях

сложно определить практически. К тому же многие параметры в значительной мере индивидуальны для конкретных тормозных систем разных поездов и зависят от многих параметров (среды, климатических условий и т.д.).

Поэтому на современном этапе практическим и надежным способом контроля и управления торможением грузовых поездов является контроль и управление по фактическому газодинамическому состоянию тормозной магистрали.

Система контроля и управления торможением (СКУТ) грузовых поездов должна обеспечивать автоматизацию решения следующих задач: контроль технического состояния тормозной системы в парке отправления; контроль технического состояния тормозной системы в пути следования; управление тормозной системой в различных режимах торможения.

При решении поставленных задач СКУТ необходимо измерение следующих основных параметров автотормозов поезда [1-4]: время заряда (подзарядки) тормозной магистрали; темп зарядки тормозной магистрали; время самостоятельной разрядки тормозной сети (плотность тормозной сети); время заряда (подзарядки) тормозной магистрали; темп зарядки тормозной магистрали; время самостоятельной разрядки тормозной сети (плотность тормозной сети); скорость распространения тормозной волны; тормозной путь; путь торможения эффективный.

На основе измеренных параметров необходимо вычислять такие дополнительные параметры [1-4]: 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, предлагается следующий способ [7,8].

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 и до хвоста поезда t_2 .

Номер вагона n_x (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. отсчета на хвостовой вагон. Иллюстрация предложенного способа приведена на рис. 1.

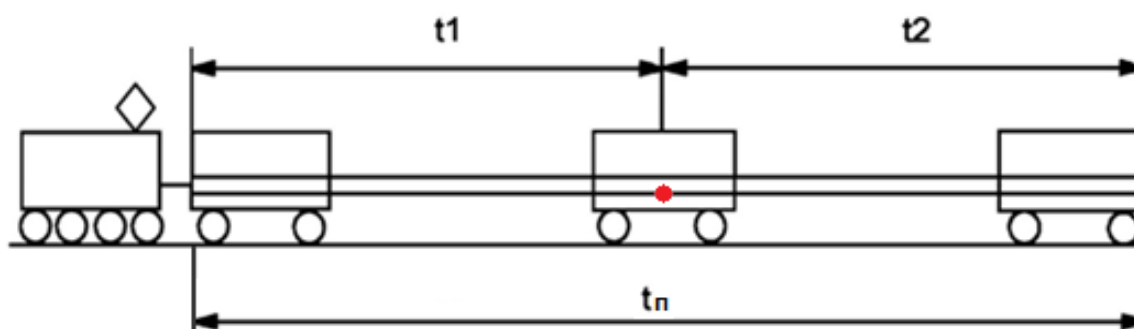


Рис. 1. Иллюстрация способа определения места утечки в тормозной магистрали в случае срабатывания тормозной системы в начале движения поезда,

Возможен так же итерационная реализация предложенного способ поиска нарушения герметичности [7.8].

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 СКУТ, выполняющие сформулированные выше задачи, изображена рис.2.

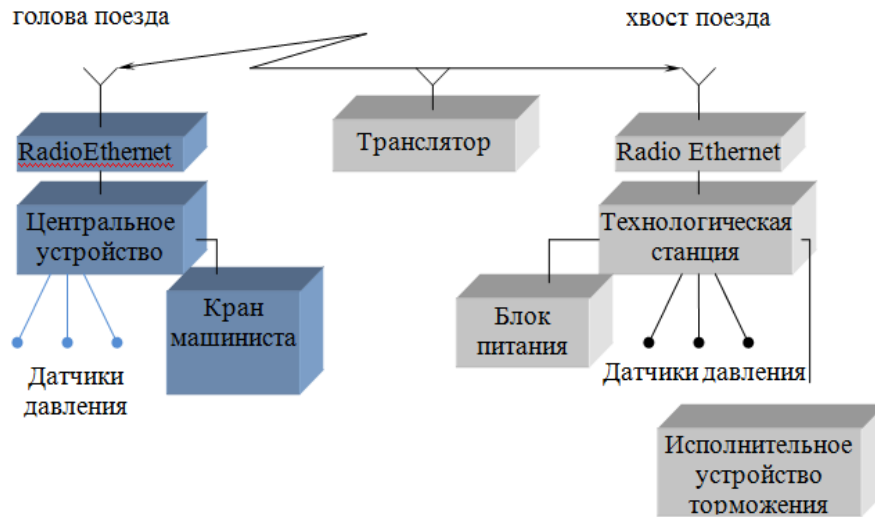


Рис. 2. Структурная схема СКУТ

Система СКУТ состоит из 2-х устройств: центрального устройства, расположенного в кабине локомотива, и технологической станции, расположенной в хвосте поезда [9].

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 [9].

Технологическая станция (ТС) содержит [10] датчики давления, подключаемые через блок сопряжения к вычислительному устройству (ВУ), блок сопряжения с устройством торможения, развитые блоки ввода аналоговых, цифровых сигналов и адаптивного подавления помех [11], а также систему автономного электропитания.

Центральное устройство и технологическая станция взаимодействуют по радиоканалу, использующему технологию RadioEthernet. Для этой цели в каждое из указанных устройств вводятся 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 [9] транслирует команды ступеней торможения от тормозного крана машиниста в технологическую станцию [10].

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 [9, 10, 11].

Классификация режимов работы СКУТ приведена на рис. 3.

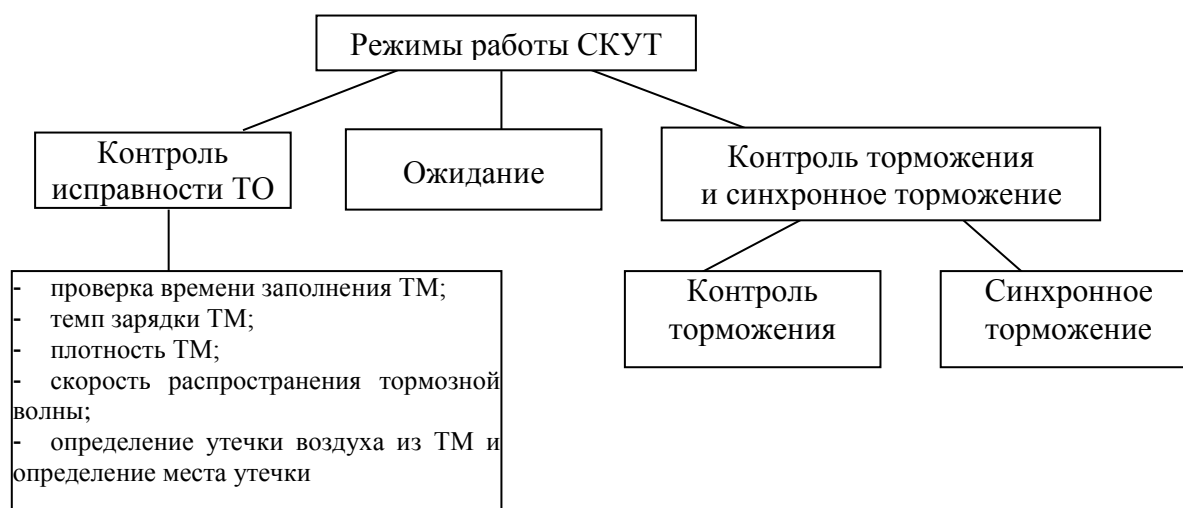


Рис. 3. Классификация режимов работы СКУТ

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 [7, 8, 9]. Если давление ниже нормы (7-8 атм.), то посылается сообщение машинисту.

Торможение может осуществляться 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 каждого из вагонов приводится в действие в тормозную систему [9, 10].

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.

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.: Интекст, 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, с34-35.
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. Оpubл. в БИ №2, 1999.
8. Засов В.А., Иванов С.Ф., Качур В.И., Карягин С.И., Корбан В.В., Токарев Г.П. Устройство определения эффективности тормозных средств поезда //Патент на изобретение RU№ 2116917 от 10.7. 1997г. Оpubл. в БИ №22, 1998.
9. Засов В.А., Иванов С.Ф., Качур В.И., Пиманов В.Е. Система для испытаний и контроля тормозного оборудования поездов //Современные технологии автоматизации, №1, 1999г. - СТА ПРЕСС, 1997.– С.54-55.
10. Засов В.А., Добронос А.М., Морозов Ю.Б., Пиманов В.Е. Бортовые регистраторы для железнодорожного подвижного состава //Современные технологии автоматизации, №2, 1997г. - СТА ПРЕСС, 1997. – С.74-76.
11. Засов В.А., Ромкин М.В. Адаптивный компенсатор помех в прерывистых сигналах //Патент на полезную модель RU №148878. Оpubл. 20.12.2014, БИ №35.

УДК 625.576.3

РЕЖИМЫ РАБОТЫ УПРАВЛЕНИЯ ГРУЗОВОЙ ТЕЛЕЖКИ СУДОВОЙ КАНАТНОЙ ДОРОГИ

Кипер А.В., Рыжов Г.А., Давлюд И.И.

Санкт-Петербург, Военный учебный научный центр Военно-морского флота
«Военно-морская академия»

Аннотация. Представлен анализ работы судовой канатной дороги в различных режимах. Для этого рассчитаны параметры двигателей, их механические характеристики. Определено, что скорость перемещения грузовой тележки обеспечивается обоими электродвигателями, а натяжение только одним электродвигателем. Представлен расчет частоты вращения двигателей в различных режимах работы. Получена система автоматического управления судовой канатной дорогой для безопасной передачи боеприпасов между судами в море.

Ключевые слова: безопасная передача грузов, судовая канатная дорога, система автоматического управления, режим двигателя, механическая характеристика, система слежения.

OPERATING MODES OF THE MANAGEMENT OF THE CARGO TROLLEY OF THE MARINE ROPE

Kiper A.V., Rigov G.A., Dawlyud I.I.

St. Petersburg. Military Educational Scientific Center of the Navy "Naval Academy"

Abstract. An analysis of the operation of the ship's cable car in various modes is presented. For this, the parameters of the motors and their mechanical characteristics have been calculated. It has been determined that the speed of movement of the cargo trolley is provided by both electric motors, and tension is provided by only one electric motor. The calculation of the speed of rotation of engines in various operating modes is presented. Received an automatic control system for the ship's cable car for the safe transfer of ammunition between ships at sea.

Keywords: safe transfer of goods, ship cable car, automatic control system, engine mode, mechanical characteristics, tracking system.

В 2020 году на танкере проекта 23130 «Академик Пашин» установлена судовая канатная дорога (СКД) китайского производства. Эксплуатации СКД свидетельствует, что главным недостатком является отсутствие режимов слежения грузовой тележки за соответствующей точкой подвеса (ТП) СКД. В результате этого не обеспечивается управляемая безопасная скорость

сближения с ними груза. При этом существует высокая вероятность повреждения разрядного (боеприпасов) груза и развития аварийной ситуации с катастрофическими последствиями.

Слежение грузовой тележки за точкой подвеса на передающем судне (ТПП)

Говоря о статическом режиме СКД, следует отметить, что ему соответствует точка траектории, в которой груз находится в устойчивом состоянии. Положение этой точки при заданном значении L , характеризуется следующими равенствами [1]:

$$\alpha = j, \tag{1}$$

$$F_{01} - F_{02} = 0, \tag{2}$$

где: F_{01}, F_{02} – натяжение первой и второй ветвей каната в статическом режиме; F_0 – натяжение каната, необходимое для удержания груза в точке траектории, соответствующей статическому режиму.

Поскольку натяжения создаются тяговыми электроприводами, кинематически связанными между собой посредством каната и лебедок, условия статики можно представить (рис.1.).

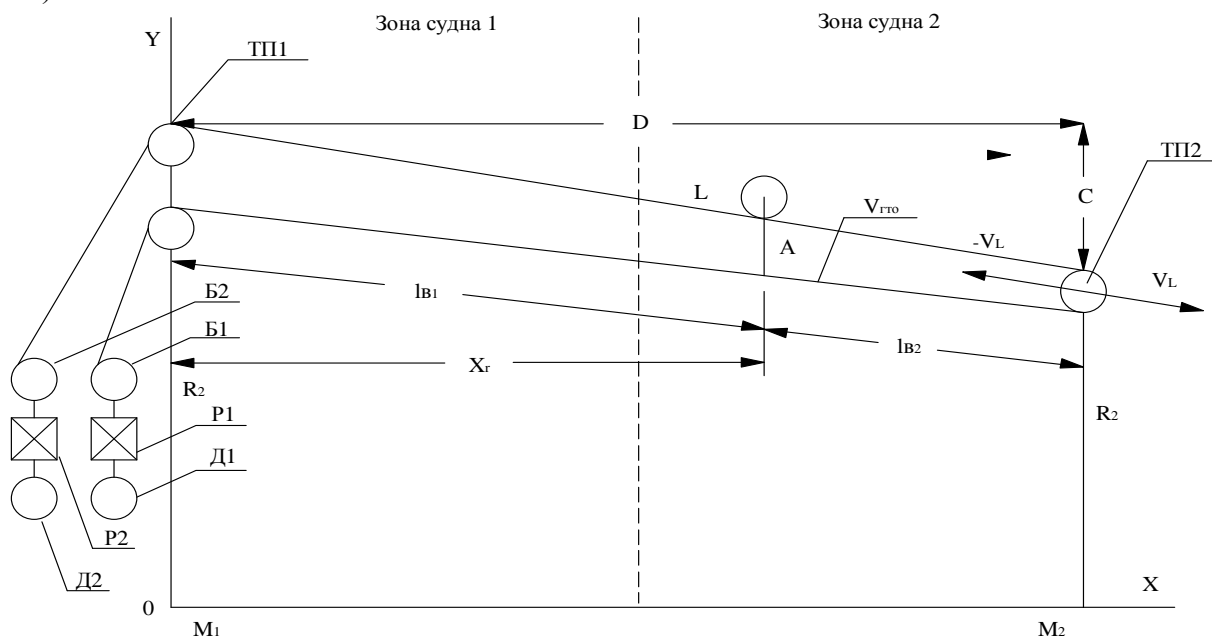


Рис. 1. Преобразованная расчетная схема СКД

На этом рисунке приняты следующие обозначения:

ХОУ – неподвижная прямоугольная система координат;

M1, M2 – метацентры передающего (I) и принимающего (II) судов соответственно;

R1, R2 – расстояние от ТП СКД до метацентров соответствующих судов;

L – расстояние между ТП СКД;

D – проекция расстояния L на ось X системы координат ХОУ;

C – проекция этой же величины на ось Y;

ТПП, ТП2 – точки подвеса СКД на передающем и принимающем судах соответственно;

VL – скорости изменения расстояния L в результате движения соответствующих точек подвеса при качке;

- lв1 – длина первой ветви каната;
- lв2 – длина каната между ГТ и ТПШ;

- L₁, L₂ – первая и вторая тяговые лебедки;
- D₁, D₂ – электродвигатели привода соответствующих лебедок;
- P₁, P₂ – редукторы;
- B₁, B₂ – барабаны лебедок Л1 и L₂ соответственно;
- V_{ГТ0} – скорость ГТ в статическом режиме.

$$M_{01} - M_{02} = 0, \tag{3}$$

то есть каждый электродвигатель в статическом режиме является нагрузкой для другого [2].

Статические характеристики электроприводов при слежении ГТ за точкой подвеса ТПШ СКД можно представить в виде, показанном на рис. 2. Приводы имеют: D₁ – жесткую 1, а D₂ – мягкую 2 характеристики. Однако, в приводе с такими характеристиками скорость электродвигателя D₂ при разгоне ГТ оказывается неконтролируемой. Последнее ухудшает динамические качества СКД, поэтому электродвигателю D₂ целесообразно сформировать характеристику, имеющую ветви 1-СВ' (рис. 2).

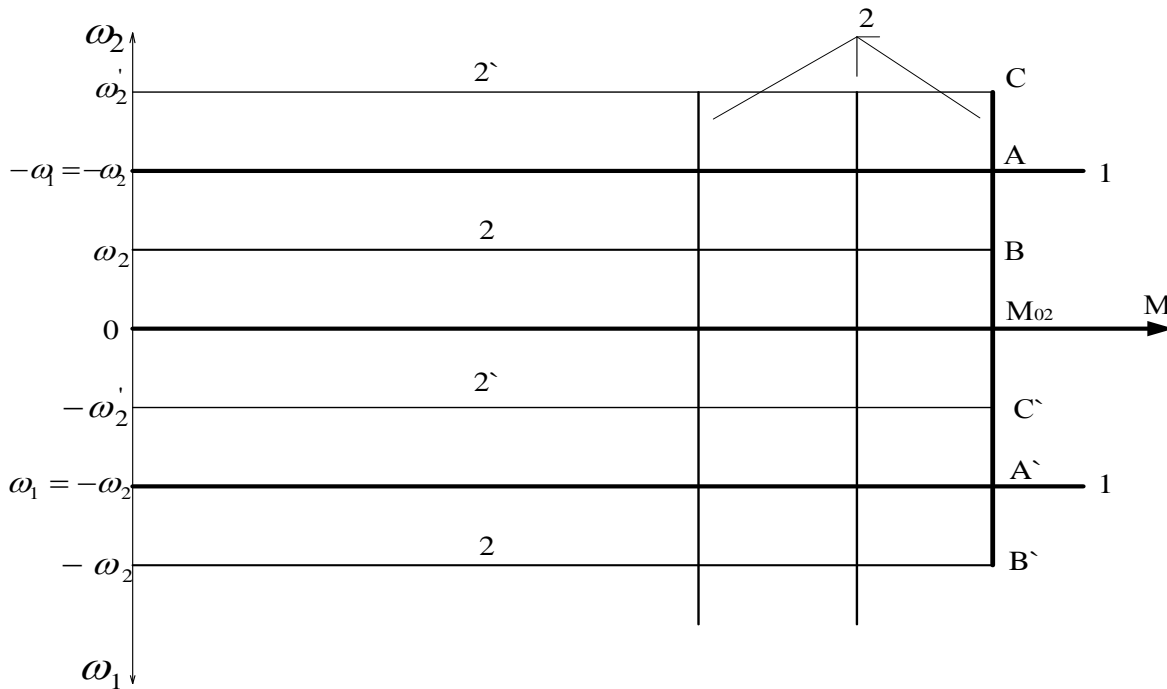


Рис. 2. Требуемые механические характеристики системы автоматического управления СКД в режиме I передачи груза

В случае, когда $V_{L\Sigma} = 0$, а ГТ движется в направлении к ТП2, оба электродвигателя работают в точке А пересечения характеристик. Причем, жесткие ветви статических характеристик совпадают. Скорость перемещения ГТ обеспечивается обоими электродвигателями, а натяжение – электродвигателем D₂, поэтому частоты вращения их вала равны по модулю и противоположны по знаку. При движении ГТ в обратном направлении общей рабочей точкой приводов является А', аналогичная точке А. Для оценки способности электропривода с указанными характеристиками отслеживать качку судов, необходимо задать условие перемещения ГТ. Например, ГТ движется к ТП2, а последняя перемещается со скоростью $V_{L\Sigma}$. Движение точки подвеса вызовет увеличение натяжения каната. Если обратная связь по скорости ГТ организована в соответствии с

$$V_{ГТ0} = -\omega_1 i_{p1}^{-1} R_{\delta 1}, \tag{4}$$

где; i_{p1} – коэффициент передачи редуктора; $R_{\delta 1}$ – радиус барабана B₁; ω_1 – частота вращения

вала электродвигателя D_1 , то электродвигатель D_1 , имеющий жесткую характеристику, сохранит частоту вращения практически неизменной. Поскольку при этом сигнал обратной связи по скорости изменится незначительно, это существенно не отразится на характере работы электродвигателя D_2 . Определять частоту вращения его вала будет возросшее натяжение каната. [3] Под воздействием этого натяжения электродвигатель D_2 уменьшит частоту вращения и в установившемся режиме перейдет работать в точку В по мягкой ветви характеристики, сохраняя заданное натяжение каната. Частота вращения электродвигателя в этой точке определяется уравнением

$$K_{ст} = \frac{2F_0}{mg}. \quad (5)$$

Обычно $K_{ст} \geq 3$ [4].

В случае, если ТП2 имеет скорость $V_{L\Sigma}$, то электродвигатель D_1 аналогично предыдущему режиму работы, сохранит частоту вращения вала неизменной, а электродвигатель D_2 под воздействием изменившегося напряжения каната перейдет работать в точку С. При передаче ГТ в сторону ТП1 электродвигатель D_2 в зависимости от направления движения ТП2 работает попеременно в точках В' и С'. Частота вращения вала электродвигателя D_2 в каждом конкретном случае может быть рассчитана по (2.13). Но в любом из них частота вращения вала электродвигателя D_1 остается неизменной и равной заданной $|\omega_1|$. Натяжение каната, определяемое электродвигателем D_2 , в статическом режиме также неизменно. Следовательно, выполняются оба, показанные выше условия передачи ГТ в зоне судна 1.

Слежение ГТ за точкой подвеса на принимающем судне (ТПИ)

Как отмечалось ранее, при передаче груза в зоне судна 2 (рис. 2), скорость ее перемещения относительно ТП2 определяется скоростью изменения длины отрезка l_2 . Из рисунка следует, что длина этого отрезка равна

$$l_2 = 0.5(1_{B2} - 1_{B1})l_2. \quad (6)$$

После дифференцирования уравнение (6) по времени, получается

$$dl_2/dt = 0.5\left(\frac{dl_{B2}/dt - dl_{B1}/dt}{dt}\right). \quad (7)$$

Преобразовав (7) с учетом уравнений

$$(V_{ГТ0} = V_{ГТ1} = V_{ГТ2}, V_{ГТ1} = \frac{dl_{B2}}{dt} = V_{1B2}),$$

где: $V_{ГТ0}$ – скорость ГТ в статическом режиме; $V_{ГТ1}$, $V_{ГТ2}$ – установившаяся скорость движения ГТ относительно ТП1 и ТП2 соответственно.

Для установившегося режима можно записать:

$$V_{1B1} = V_{ГТ0} + V_{L\Sigma}; \quad (8)$$

$$V_{1B2} = -V_{ГТ0} + V_{L\Sigma}. \quad (9)$$

В результате замены в (8 и 9) V_{1B1} , V_{1B2} адекватными им частотами вращения валов электродвигателей, получается:

$$0.5(\omega_2 - \omega_1) = V_{ГТ0} i_p R_{\Delta}^{-1}; \quad (10)$$

$$\omega_1 = -(V_{ГТ0} + V_{L\Sigma}) i_p R_{\delta}^{-1}; \quad (11)$$

$$\omega_2 = -(-V_{ГТ0} + V_{L\Sigma}) i_p R_{\delta}^{-1}. \quad (12)$$

Как видно из (11,12), скорость ГТ относительно ТП2 СКД является функцией частот вращения обоих тяговых электродвигателей и кратна их алгебраической сумме. Как известно, натяжение каната также зависит от моментов, развиваемых обоими электродвигателями. Таким образом, условия слежения ГТ за ТП2 будут выполнены в том случае, если обеспечивается одновременное управление частотами вращения и моментами приводов. Формирование мягких характеристик обоим электродвигателям, решает проблему поддержания натяжения каната. Однако скорость передачи груза под воздействием качки может бесконтрольно изменяться. Создание электроприводу жестких характеристик удовлетворяет условию (10). Но это приведет к существенным изменениям натяжения каната, его провисам или разрыву при качке судов. Очевидно, что одновременному выполнению требования поддержания напряжения каната и скорости движения ГТ, отвечают характеристики, имеющие жесткие и мягкие ветви.

Причем, указанные требования одновременно выполняются только в точках излома этих характеристик (рис. 3). Утолщенными линиями показаны статические характеристики электропривода лебедки L_1 , а тонкими – характеристики электропривода лебедки L_2 .

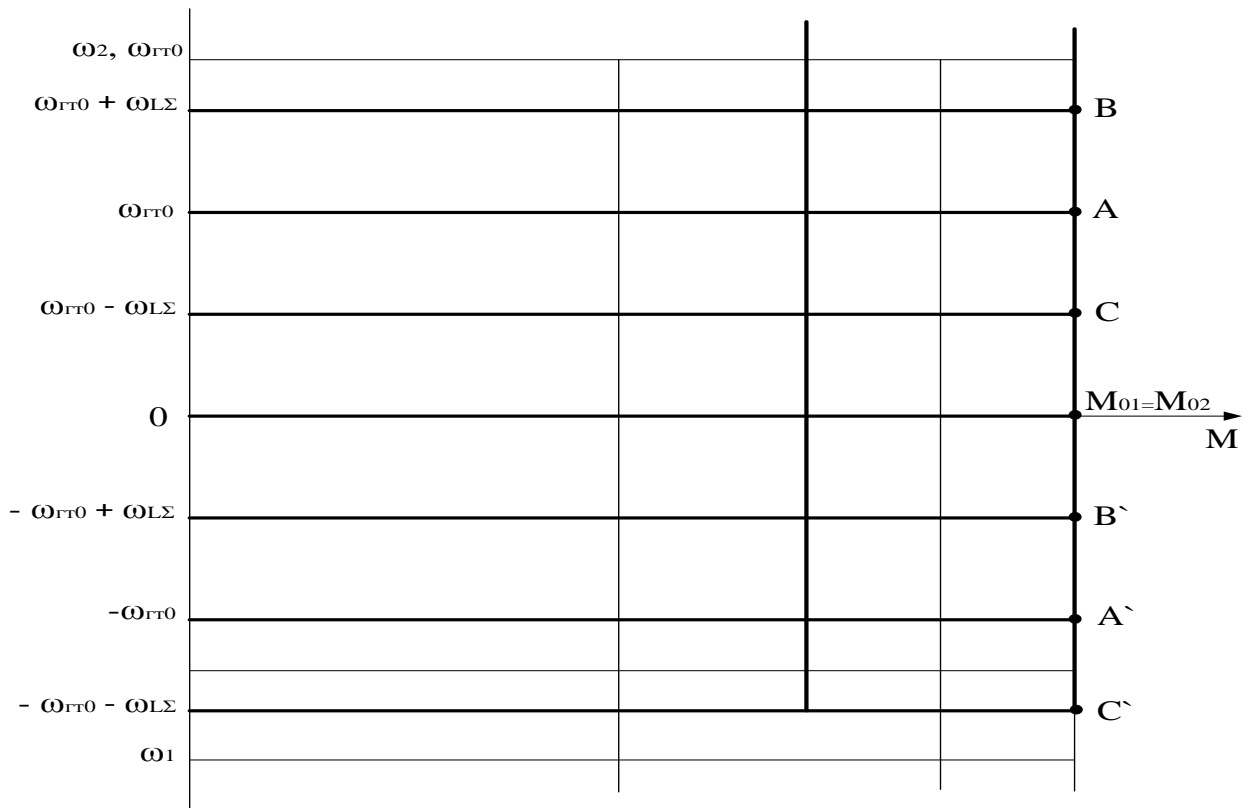


Рис. 3. Требуемые механические характеристики системы автоматического управления СКД в режиме II передачи груза

Для исследования работы электропривода судовой канатной дороги с указанными характеристиками можно задаться некоторыми условиями, например, что $V_{L\Sigma}$, а ГТ движется к ТП2 со скоростью $V_{ГТ0}$. В установившемся режиме электроприводы работают в общей точке А излома своих характеристик с равными по модулю частотами вращения и развивают одинаковые моменты. Предположим теперь, что ТП2 движется со скоростью $V_{L\Sigma}$. Под воздействием возросших натяжений рабочие точки электроприводов сместятся на мягкие ветви характеристик и скорости их начнут изменяться. Как следует из (10, 12), скорость движения ГТ относительно ТП2 СКД сохранится неизменной, если частота вращения электродвигателя D_1 увеличивается, а электродвигателя D_2 – уменьшается синхронно с качкой судов. Достигнуть этого эффекта в системе автоматического управления СКД можно путем организации обратной связи по скорости в соответствии с (10). При такой организации обратной связи система автоматического регулирования скорости ГТ, формирующая жесткие ветви характеристик, не будет препятствовать смещению рабочих точек приводов на мягкие ветви. Ее функция сводится к обеспечению синхронного перехода электродвигателей в новые рабочие точки. В установившемся режиме электродвигатель D_1 работает в точке В, а электродвигатель D_2 – в точке С излома своих характеристик, обеспечивая заданные натяжения каната и скорость движения ГТ. С изменением направления качки судов, электропривод лебедки L_1 переходит работать в точку С,

а привод лебедки L_2 – в точку В и аналогично предыдущему, отслеживает качку судов. В случае изменения направления движения ГТ и $V_{L\Sigma} = 0$ оба электропривода работают в точке А' с равными по модулю и противоположными по знаку частотами вращения (рис. 3). Если $V_{L\Sigma} \neq 0$, то в соответствии с (11, 12), рабочие точки их определяются знаком $V_{L\Sigma}$, в этом случае электроприводы работают в точке В' или С' излома своих характеристик.

Таким образом, при передаче груза в зоне судов I и II механические характеристики электроприводов различны. В первом случае они имеют вид, показанный на рис. 2, во втором – на рисунке 3.

На основании вышеизложенного может быть получена САУ СКД, удовлетворяющая требованиям безопасной передаче боеприпасов между судами в условиях качки.

Список литературы

1. Ас. 1013342 (СССР) Система передачи грузов между судами в море в условиях качки /Астраханский технич. институт рыбн. пром. и хоз.; Авт. изобрет. В.А.Черняев, А.В.Кипер и И.В.Гайдуков. - Заявл. 21.12.82 № 3390999/27-11; Оpubл. в Б.И. 1983, № 15; МКИ В63 в 27/30,- УДК 629.12.013/015: 621. 86(088.8).
2. Горшков И.А., Махорин Н.И. Передача грузов в море: Справочник. – Л.: Судостроение, 1977. - 256 с.
3. А.с. 969584 (СССР). Устройство для передачи грузов между судами в море в условиях качки /Астр.техн. инет. рыб. пром. и хоз.; Авт. изобрет. В.А Черняев, И.В. Гайдуков, А.В. Кипер. - Заявл. 13.07.81, №3316931/27-11; Оpubл. в Б.И. 1982, №40; МКИ В63 в 27/30,- УДК 629.12.013/015:621.86/87(088.8).
4. Андреев Л.Н., Маслов А.Е., Киев А.В. и др. Средства передачи грузов на суда в море.– Л.: Судостроение, 1973. - 224 с.

УДК 004.5

МЕТОДИКА И ПРОГРАММА ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАБОЧИХ ЗОН МАНИПУЛЯЦИОННЫХ РОБОТОВ

Колтыгин Д.С., Седельников И.А.

Братск, Братский государственный университет

Аннотация. В статье предлагается методика определения рабочих зон манипуляционных роботов. Разработана программа визуализации рабочих зон. Рабочие пространства, пересечение пространств роботов должны учитываться при проектировании участков, зон, производств и других мест с применением манипуляционных роботов.

Ключевые слова: робототехника, программа, прямая и обратная задачи кинематики.

METHODOLOGY AND PROGRAM FOR DETERMINING THE WORKING AREAS OF MANIPULATION ROBOTS

Koltygin D.S., Sedelnikov I.A.

Bratsk, Bratsk State University

Abstract. The article proposes a method for determining the working zones of manipulation robots. A program for visualizing working areas has been developed. Workspaces and the intersection of robot spaces should be taken into account when designing sites, zones, production facilities and other places using manipulative robots.

Keywords: robotics, program, direct and inverse kinematics problems.

Введение

Рабочая зона робота – это пространство, в котором могут находиться рабочие органы робота при его функционировании, она характеризуется своими формой и объемом, а также назначением промышленного робота и определяется числом степеней подвижности манипулятора, типом и взаимной ориентацией кинематических пар в пространстве, относительными размерами звеньев манипуляционной системы.

Постановка задачи

Границы, в пределах которых может быть реализована траектория рабочего органа манипуляционного робота, имеет сложную форму в пространстве. Особенности конфигурации рабочего пространства необходимо учитывать при разработке алгоритмов управления перемещением роботов. Для получения зависимостей, позволяющих построить рабочее пространство манипулятора, обратимся к задачам кинематического анализа. Решение этой задачи может основываться на различных методах и алгоритмах, каждый из которых имеет свои достоинства и недостатки. Рассмотрим один из подходов к ее решению.

Принцип работы

На основе программы расчета прямой и обратной задачи кинематики разработана программа расчёта и построения области действия робота. На основе заданной структуры робота и введённых геометрических параметров производится вычисление набора координат путём составления и решения системы уравнений прямой задачи кинематики на всём заданном диапазоне и с требуемым шагом. Более подробно с реализацией решения прямой и обратной задачи кинематики изложена в работе[1].

Полученный набор координат записывается в текстовые документы, отдельный для каждой из координат, а так же формируется файл для построения графика в программе Matlab.

Алгоритм работы программы представлен на рисунке 1.

Например, для робота-манипулятора Delta математическое описание можно представить следующим образом.

$$\begin{cases} x = x_0 + L2 \cos(\varphi_2 + \Delta\varphi_{2_i}) \cos(\varphi_1 + \Delta\varphi_{1_i}) + L3 \cos(\varphi_3 + \Delta\varphi_{3_i}) \cos(\varphi_1 + \Delta\varphi_{1_i}) \\ y = y_0 + L2 \cos(\varphi_2 + \Delta\varphi_{2_i}) \sin(\varphi_1 + \Delta\varphi_{1_i}) + L3 \cos(\varphi_3 + \Delta\varphi_{3_i}) \sin(\varphi_1 + \Delta\varphi_{1_i}) \\ z = h_0 + L1 \sin(\varphi_2 + \Delta\varphi_{2_i}) + L2 \sin(\varphi_3 + \Delta\varphi_{2_i}) \end{cases}$$

Диапазон изменения параметров:

$$\begin{aligned} 0 < \Delta\varphi_1 < 300 \\ 105 < \Delta\varphi_2 < 165 \\ 45 < \Delta\varphi_3 < 125 \end{aligned}$$

Согласно разработанному алгоритму искомая координата является суммой координат вычисленных в точках сочленений, что можно представить, как последовательную сборку манипулятора с заданными параметрами. Вычислив данную систему уравнений для всех возможных значений робота - манипулятора получим область действия.

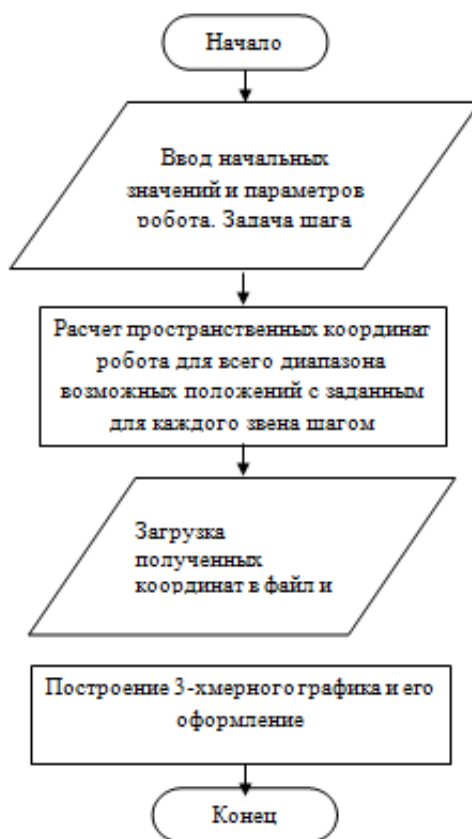


Рис. 1. Алгоритм работы программы

Для робота-манипулятора Omega математическое описание можно представить следующим образом.

$$\begin{cases} x = x_0 + (L + \Delta L_i) \cos(\varphi) + L \cos(\varphi + \Delta \varphi_i) \\ y = y_0 + (L + \Delta L_i) \sin(\varphi) + L \sin(\varphi + \Delta \varphi_i) \\ z = h_0 + \Delta h_i \end{cases}$$

Ниже представлены изображения, полученные разработанной программой, рис.2-4.

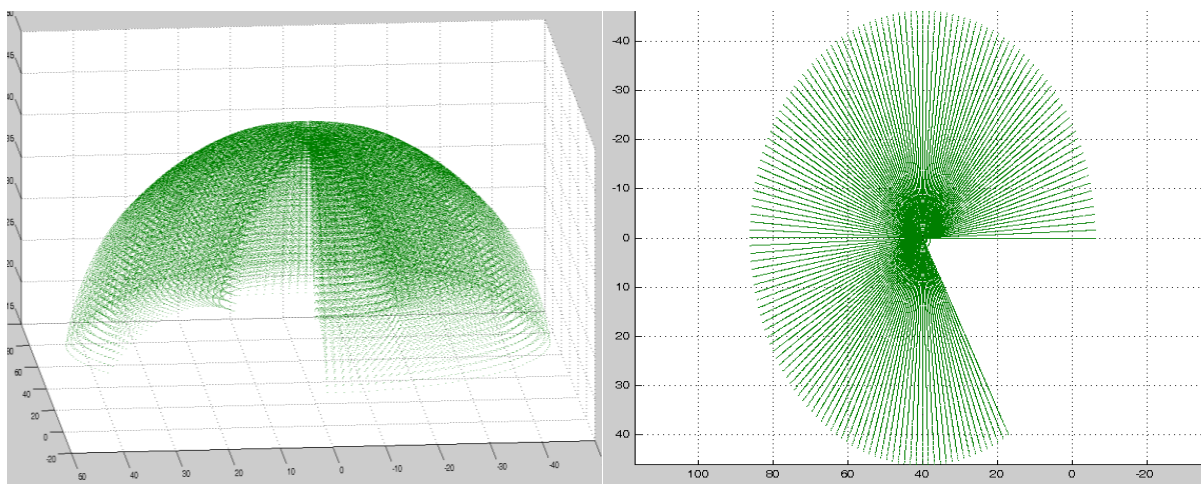


Рис. 2. График рабочей области робота- манипулятора Delta

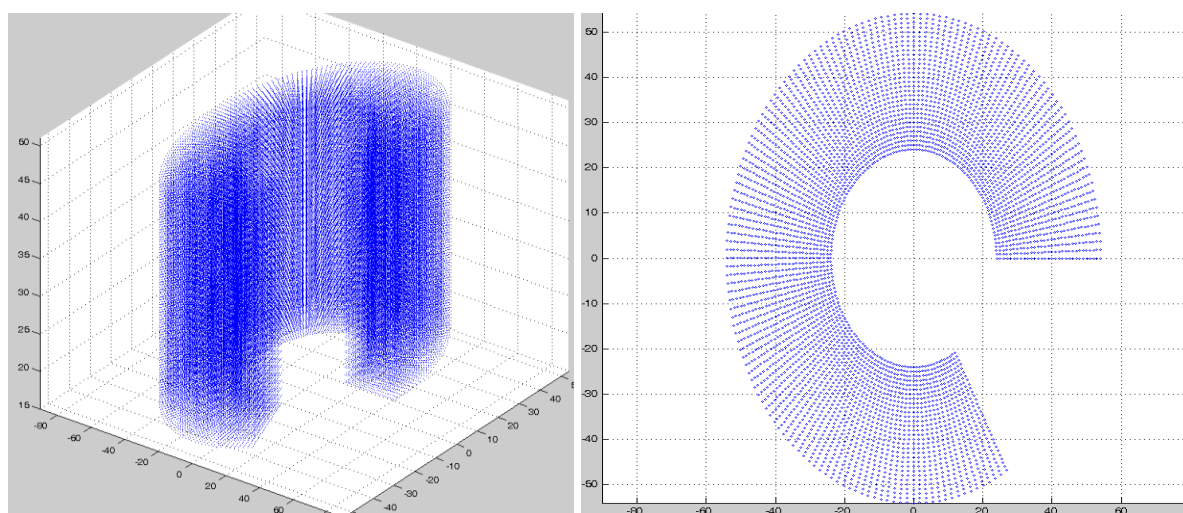


Рис. 3. График рабочей области робота- манипулятора Omega

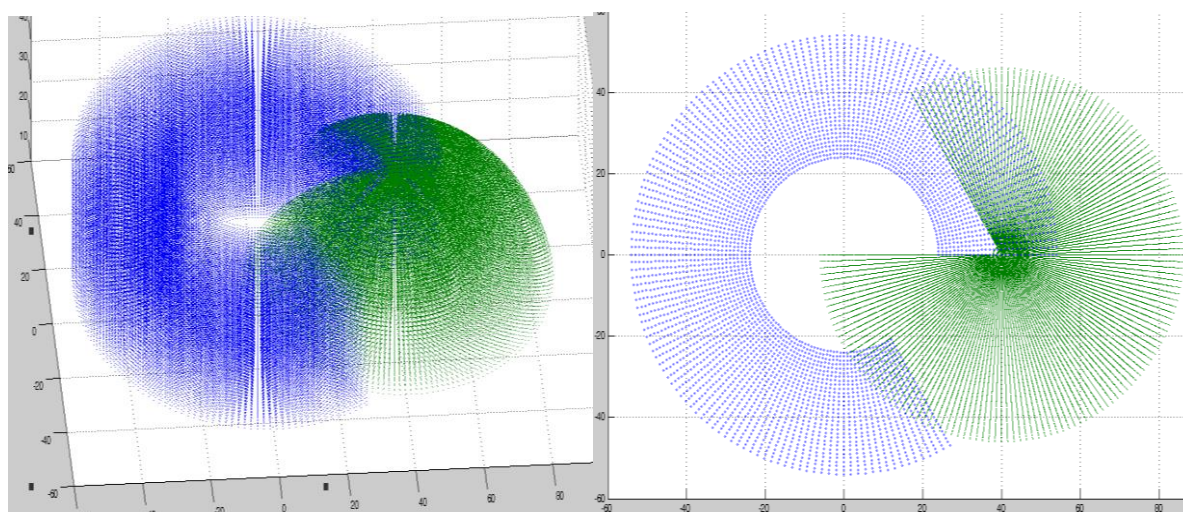


Рис. 4. График рабочих областей роботов Delta и Omega

Обработка результатов

В результате вычислений получены наборы координат, которые выгружаются в текстовые документы, и могут быть использованы в дальнейшей обработке. Так же координаты передаются в программу Matlab для построения трехмерной модели рабочего пространства робота. Matlab выбран за простоту построения и удобство просмотра, а также для хранения и обработки данных о роботах, например можно добавить несколько областей для отображения. При добавлении смещения можно произвести выбор оптимальной компоновки нескольких роботов или производственной линии.

Вывод

В работе предложена методика и программа построения трехмерной модели рабочего пространства промышленного робота. Кроме того, предложенный метод устойчиво работает для любой структуры робота и позволяет добиться высокой точности размещения манипуляционных роботов в рабочем пространстве.

Список литературы

1. Колтыгин Д.С., Седельников И.А. Метод и программа решения прямой и обратной задачи кинематики для управления роботом-манипулятором. Братск, БрГУ, Системы. Методы. Технологии. 2020. № 4 (48). С. 65-74.
2. Авсиевич А.В., Колтыгин Д.С., Седельников И.А. Аппаратно-программный комплекс для управления робототехническими комплексами. Вестник СамГУПС. 2021. № 1 (51). С. 91-97.
3. Колтыгин Д.С., Седельников И.А. Методика разработки программы управления роботом для робота-манипулятора DELTA. Научный вестник Новосибирского государственного технического университета. 2018. № 1 (70). С. 103-116.
4. Седельников И.А., Колтыгин Д.С. ROBOT DELTA V.1.0. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2019614518, 05.04.2019. Заявка № 2019612975 от 19.03.2019.

УДК: 004.031.2

ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ В ЛОГИСТИКЕ

Никишин Д.М., Козлов В.В.

Самара, Самарский государственный технический университет

Аннотация. Интернет вещей – это концепция сети передачи данных между “вещами” (реальными физическими объектами), которые оснащены необходимыми средствами и технологиями для внешнего взаимодействия. Смысл данной разработки заключается в том, чтобы минимизировать или вовсе исключить участие человека в конкретных сферах деятельности. Одна из самых перспективных сфер для внедрения интернета вещей – логистика. В этой статье речь пойдёт о возможностях, которые может принести интернет вещей.

Ключевые слова: интернет вещей, сеть, разработка, логистика, транспорт, возможности.

INTERNET OF THINGS IN IN LOGISTICS

Nikishin D.M., Kozlov V.V.

Samara, Samara State Technical University

Abstract. The Internet of Things is the concept of a data transmission network between “things” (real physical objects) that are equipped with the necessary means and technologies for external interaction. The meaning of this development is to minimize or completely exclude human participation in specific areas of activity. One of the most promising areas for the introduction of the Internet of Things is logistics. In this article, we will talk about the opportunities that the Internet of Things can bring to the area of logistics and transport in general.

Keywords: Internet of Things, network, development, logistics, transport, opportunities.

Введение

Люди с давних времён оптимизируют рутинные процессы. В наше время на различных производствах появляется всё больше и больше различных машин и устройств, управляемых по сети. Но что если пойти дальше? Автоматизировать не только конкретные процессы или машины, а создать сеть, в которой устройства будут воспринимать друг друга и соответственно взаимодействовать? Именно такие мысли привели к созданию интернета вещей.

Интернет вещей

Интернет вещей (IoT) – это взаимодействие устройств, которые подключены к одной сети, и которые могут воспринимать друг друга и определённо взаимодействовать. Смысл IoT заключается в охвате большого количества устройств: всю электронику, машины, сервера и т.д. Теоретически почти любое устройство с выключателем потенциально может подключаться к

сети, что делает его частью вашей системы IoT. Хорошим примером использования данной технологией может служить управление складскими помещениями. На таких местах имеются умные поддоны и стеллажи, все более распространяются многоярусные склады, их, в свою очередь, обслуживают специальные краны-укладчики, которые автоматически перемещают товары.

Возможности функционала IoT

С помощью IoT можно быстро и легко управлять логистикой, тем самым повышая безопасность. Не стоит забывать, что это также приносит прибыль! Например, мониторинг вождения водителей, позволяет оптимизировать маршруты и тем самым минимизировать расходы на топливо. Можно отслеживать опасные маневры во время вождения, помогать найти парковку или предоставлять клиенту информацию о местонахождении и состоянии перевозимого груза.

Таким реальным примером использования IoT в перевозках могут служить умные контейнеры SkyCell. Они предназначены для дистрибуции биофармацевтических (лекарственных) препаратов, которые особенно чувствительны к колебаниям температуры, изменению кислотности и загрязнению окружающей среды. По подсчетам специалистов, 40% из 13 млрд. долларов, потраченных в 2017 году на транспортировку таких биофармацевтических препаратов, было потрачено впустую из-за ошибок при перевозке.

Технологическая компания SkyCell создала рефрижераторные контейнеры, в которых можно отслеживать отклонения параметров даже в наименьшей степени. Все контейнеры SkyCell оснащены датчиками IoT, которые подключаются к облаку данных. С помощью сервиса операторы дистанционно контролируют и вмешиваются в каждый контейнер, чтобы обеспечить идентичные, жесткие стандарты качества.

Логистика и IoT

Очень хорошим примером решения задач логистики является завод автомобилей концерна “Volkswagen” в Вольфсбурге. Их впечатляющий и известный склад транспортных средств как раз использует технологию IoT. Схема работы выглядит следующим образом: автомобили хранятся в двух круглых башнях высотой около 60 метров, каждая из которых состоит из 20 этажей и вмещает 400 автомобилей. Башни соединены с заводом 700-метровым подземным тоннелем. С помощью IoT новые автомобили со скоростью 7 км/ч доставляются в шоурум и автоматически размещаются на соответствующих местах. Здесь автомобили “знают” друг друга, поэтому они не пересекаются. При помощи специальных датчиков по всему складу, генерируются маршруты для автомобилей. Таким образом, физическое участие человека во всём процессе от начала до конца не требуется. Так, IoT сокращает затраты на различные грузоперевозки и минимизирует влияние человеческого фактора.

Немного цифр

Аналитики из компании “Statista” просчитали, что при текущих темпах развития IoT в логистике и транспортном бизнесе в целом (телематика, умное управление автопарком, мониторинг, диагностика и т.д.) к 2025 году вложения вырастут до рекордных \$740 млрд. И это только транспортная отрасль!

Будущее IoT

Уверен, что с течением времени IoT будет охватывать всё большие области применения. Система определённо будет расширяться, модифицироваться и открываться с новых сторон, поскольку сама идея данной технологии благоволит этому.

Если приводить пример по уже существующим планам, то известно, что некоторые компании сейчас активно поддерживают разработку технологии, основанной на IoT, которая будут использоваться для объединения грузовых автомобилей в колонны для дальнейшего совместного передвижения. Расстояние между ними заранее определено – группа движущихся

автомобилей будет адаптировать своё поведение к первому “ведущему”. Аналитики предсказывают, что ситуация, когда конвоем будет управлять один водитель, а остальные автомобили копировать и подстраиваться под его поведение – это вопрос не столь отдаленного будущего.

Вывод

Сама идея технологии IoT несёт в себе огромный потенциал возможностей. Но не стоит “тонуть” в этом океане возможных применений, ведь здесь возникает также и целый спектр угроз безопасности. Конечной целью развития IoT – это создание модели и описание её поведения для каждой реальной физической вещи в виртуальном пространстве. Логично, что если оставить этот процесс без должного контроля и тщательного тестирования, то из-за потенциально огромного объёма информации велики риски многочисленных ошибок, в том числе серьёзных (безопасность, приватность и т.д.). Поэтому, не смотря на воодушевление, необходимо активное участие экспертов, аналитиков и разработчиков для поиска наиболее эффективных и безопасных путей развития такой перспективной технологии.

Список литературы

1. Интернет вещей [Электронный ресурс]. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Интернет_вещей (дата обращения 05.01.2022).
2. Что такое интернет вещей? [Электронный ресурс]. – URL: <https://trends.rbc.ru/trends/industry/5db96f769a7947561444f118> (дата обращения 05.01.2022).
3. **Интернет вещей (IoT). Что это и почему это важно** [Электронный ресурс]. – URL: https://www.sas.com/ru_ru/insights/big-data/internet-of-things.html (дата обращения 06.01.2022).
4. Что такое интернет вещей [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.kaspersky.ru/resource-center/definitions/what-is-iot> (дата обращения 06.01.2022).
5. Интернет вещей растёт в интеллектуальном транспорте [Электронный ресурс]. – URL: <https://russianblogs.com/article/24031773765/> (дата обращения 08.01.2022).
6. Интернет вещей в транспорте и логистике – имеет ли он вообще смысл? [Электронный ресурс]. – URL: <https://trans.info/ru/internet-veshhey-v-transporte-i-logistike-imeet-li-on-voobshhe-smysl-138002> (дата обращения 08.01.2022).

УДК 656.132

СИСТЕМА БЕСПРОВОДНЫХ МЕХАТРОННЫХ МОДУЛЕЙ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ОПАСНЫХ СИТУАЦИЙ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Ниязов М. В., Додонов М. В.

Самара, Самарский национальный исследовательский университет

Аннотация. В статье рассматривается система распределенных мехатронных модулей на железнодорожном транспорте и примеры её использования для удаленного оповещения сотрудников, работающих в непосредственной близости к железнодорожным путям, а также сравнение с системами-аналогами.

Ключевые слова: мехатронные модули, носимые устройства, производственный травматизм, безопасность, грузоперевозки, железнодорожный транспорт

SYSTEM OF WIRELESS MECHATRONIC MODULES TO PREVENT DANGEROUS SITUATIONS IN A RAILWAY TRANSPORT

Niyazov M. V., Dodonov M. V.

Abstract. The paper presents the system of distributed mechatronic modules in railway transport and examples of its use for remote notification of employees working in close proximity to railway tracks, and comparison with alternative systems.

Keywords: mechatronic modules, wearable devices, industrial injuries, safety, cargo transportation, rail transport.

Железнодорожная перевозка является одним из самых востребованных видов логистики, и для её бесперебойной работы требуются большое количество сотрудников, многие из которых работают в непосредственной близости от железнодорожных путей. Для профилактики производственного травматизма и обеспечения безопасности работы сотрудников на участках с интенсивным движением железнодорожного транспорта в непосредственной близости от железнодорожных путей была спроектирована система с использованием беспроводных мехатронных модулей и их дистанционного управления. За состоянием железнодорожного полотна требуется постоянное наблюдение. Также требует наблюдений и нахождения сотрудников вблизи сооружений железной дороги, в том числе мостов и туннелей. Работы требуется проводить, бдительно наблюдая за передвижением составов и оперативно освобождать путь при приближении поезда, не создавая ему препятствий.

Принцип работы системы заключается в том, что при приближении поезда: информация в автоматическом режиме поступает через систему GPS/ГЛОНАСС на удаленный сервер, и далее по мере приближения - на персональный носимый браслет сотрудника, находящегося в непосредственной близости от железнодорожных путей по пути следования поезда. Данные, полученные на сервере могут быть использованы прочими системам управления на транспорте через закрытый протокол связи для иного способа оповещения об опасной ситуации или, в крайнем случае, для оперативной остановки поезда (рис. 1).



Рис. 1 - Принцип работы системы

Проектируемая система должна учитывать с какой стороны и по какому пути движется поезд (из внешних систем автоматизации работы станции) и оповещать только тех рабочих, который находятся по пути следования поезда. Эти задачи будут эффективно выполнять персональные носимые устройства с GPS/ГЛОНАСС, которые будут интегрированы в общую систему автоматизации станции (если таковая имеется). Сервер системы получает информацию

от о приближении поезда с указанием координат и, по возможности, номера пути (при работах на станции). Также передаются координаты рабочих из бригады. Персональные уведомления о приближении поезда приходят автоматически тем сотрудникам, которые находятся в непосредственной близости от маршрута следования поезда. При приближении поезда, который оснащён передающим устройством к месту расположения на расстоянии трех километров информация автоматически поступает на персональные устройства оповещения рабочих в виде звукового и вибрационного оповещения, с помощью соответствующих модулей.

Альтернативным сценарием использования системы беспроводных мехатронных модулей является охрана грузов на железнодорожном транспорте. На доставку особо ценных видов товаров, необходимо обеспечить особые меры охраны. Использование носимых мехатронных модулей и мобильного центра управления охраной, позволит увеличить качество охраны и повысить скорость реагирования на внештатные ситуации. В комплект оборудования для охраны грузов также будут использованы охранные датчики, ретрансляторы и система по передаче звуков (речи) по радиочастотам. Развертывание такого комплекта обеспечит: оповещение сотрудников и контроль за состоянием груза.

Еще одним видом использования системы мехатронных модулей является пожарная безопасность вокзалов и привокзальных помещений, а также их охрана. Важно обеспечить безопасное нахождение пассажиров и сотрудников. Оперативное оповещение сотрудников через мехатронные носимые модули связи позволит обеспечить оповещение и локализацию персонала в случае непредвиденных ситуаций.

Сравнение систем-аналогов.

Для приведения основных системы-аналоги разрабатываемой системы, приведем их основные характеристики, достоинства и недостатки.

Наиболее близкой альтернативой системы является «Система контроля местонахождения людей, доступа по штрих-коду с радиочастотной меткой и приемопередающим устройством сигналов ГЛОНАСС/GPS для обеспечения безопасности на объектах социальной значимости», разрабатываемая в Волгоградской академии МВД России [1], одноразовый персональный экологически безопасный браслет контроля доступа со штрих-кодом и радиочастотной меткой [2], экологически безопасный персональный браслет оповещения сотрудников правоохранительных органов по сигналу «Сбор» [3], персональный браслет контроля доступа со штрих-кодом, радиочастотной меткой и с приемо-передатчиком сигнала GLONASS/GPS [4], а также система тревожного оповещения об угрозе личной безопасности [5].

Сравнение проводилось по ряду критериев, а именно по наличию функции предупреждения об опасности, функции отслеживания и передачи по координатам GPS/ГЛОНАСС, функцию передачи и получения данных через мобильную связь, длительность автономной работы, и степень готовности данной системы.

Наиболее близкой по назначению системой-аналогом является система тревожного оповещения для военной полиции. Описанные в патенте схема устройства системы из носимых модулей необходима для безопасности военнослужащих, определения их местоположения и для передачи сигнала «Тревога» на пункт диспетчера. Система состоит из центрального элемента – устройства персонального оповещения с двухсторонней радиосвязью между военнослужащим и пунктом управления караульной или полицейской службы [5]. С помощью оперативного, мобильного и стационарного типа развертывания на объекта для несения охраны и обеспечения работы блокпостов. С помощью микросотовой сети, состоящей из приемочной антенны, закрепленной на охраняемой территории или блокпосту, создается защищенная сеть для передачи информации; в походном варианте – приёмное оборудование помещается в защитный кейс с системой автономного питания вместе с комплексом персональных устройств оповещения.

Недостатком данной системы перед проектируемой системой персональных мехатронных модулей является её закрытость, отсутствие информации о ее применимости на железнодорожном транспорте, а также каких-либо интерфейсов по взаимодействию с автоматизированными системами на железнодорожном транспорте.

Проектируемая система не имеет полных систем-аналогов, и будет учитывать опыт разработки и особенности использования существующих системам по автоматизации управления железнодорожными объектами и транспортом, а также обеспечивать безопасность на железнодорожном транспорте. Таким образом, подобная система контроля с использованием носимых мехатронных модулей значительно улучшит безопасность на железной дороге.

Список литературы

1. Заявка на пат. 2015113834/08 (021662) РФ, опубл. 14 апреля 2015 г. Система контроля местонахождения людей, доступа по штрих-коду с радиочастотной меткой и приемопередающим устройством сигналов GLONASS/GPS для обеспечения безопасности на объектах социальной значимости / Г.К. Лобачева и др.
2. Пат. 2473130 РФ, опубл. 20 января 2013 г. Сигнальный браслет для использования в чрезвычайной ситуации / М. Андерсен, К. Мунте-Каас.
3. Пат. 137441 РФ, опубл. 10 февраля 2014 г. Экологически безопасный персональный браслет оповещения сотрудников правоохранительных органов по сигналу «Сбор» / Г.К. Лобачева и др.
4. Пат. 112793 РФ, опубл. 20 января 2012 г. Электронный браслет системы мониторинга подконтрольных лиц / Н.В. Мартынов, А.Б. Халаман, А.С. Гиль.
5. Пат. 2288508 РФ, опуб. 27 января 2006 г. Система тревожного оповещения об угрозе личной безопасности / А.Н. Герасимчук и др.

УДК 681.521.35, 519.576.21

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРИВОДА ПОВОРОТА СТРЕЛЫ ЧЕЛЮСТНОГО ПОГРУЗЧИКА

Рудаков А. А.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. В данной работе представлено моделирование гидравлической системы управления привода поворота стрелы челюстного погрузчика, выполненное на базе пакета Fluidsim 4 библиотеки Hydraulic фирмы «FESTO». В ходе работы получены переходные характеристики гидроцилиндров в нормальных режимах работы системы управления.

Ключевые слова: гидравлическая принципиальная схема, привод поворота стрелы челюстного погрузчика, fluidsim, переходные процессы.

SIMULATION OF THE HYDRAULIC CONTROL SYSTEM OF THE DRIVE OF THE ROTATING OF THE BOOM OF THE JAW LOADER

Rudakov A.A.

Samara, Samara State Transport University

Abstract: this paper presents a simulation of the hydraulic control system for the boom rotation drive of a jaw loader, made on the basis of the Fluidsim 4 package of the Hydraulic library of the company "FESTO". In the course of the work, the transient characteristics of hydraulic cylinders in normal operating modes of the control system were obtained.

Keywords: hydraulic circuit diagram, jaw loader boom swing drive, fluidsims, transients.

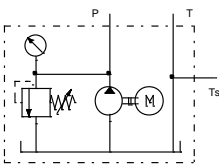
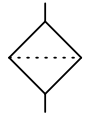
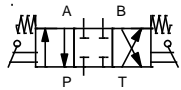


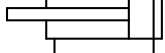
Челюстной погрузчик относится к лесопромышленному производству и представляет собой гусеничную или колесную машину, снабженную навесным технологическим оборудованием. Главное назначение челюстных погрузчиков – погрузка-разгрузка лесоматериалов на подвижной состав лесовозного транспорта. Челюстной погрузчик поворотного типа позволяет поворачивать челюстной захват в вертикальном положении на угол от 180 до 200 градусов. Данный способ позволяет переносить пачки лесоматериалов через лесопогрузчик, упрощая процесс погрузки и штабелевки. Челюстные погрузчики перекидного (поворотного) типа получили широкое распространение на лесосечных работах.

В работе представлено моделирование гидравлической системы управления привода поворота стрелы челюстного погрузчика, выполненное на базе пакета Fluidsim 4 библиотеки Hydraulic фирмы «FESTO» [1-6].

Гидравлическая система управления привода поворота стрелы челюстного погрузчика состоит из следующих элементов: насосная станция, фильтр, моностабильный гидравлический распределитель 4/3 с управляющим воздействием и возвратными пружинами, дроссельный клапан, обратный клапан, гидравлический цилиндр двухстороннего действия. Список условных обозначений элементов имитационной модели гидравлической системы управления привода поворота стрелы челюстного погрузчика находится в таблице 1.

Таблица 1

Элементы гидравлической принципиальной схемы

№п/п	Условное обозначение	Обозначение на схеме	Название
1	NS1		Насосная станция
2	F1		Фильтр
3	GR1		Моностабильный гидравлический распределитель 4/3 с управляющим воздействием и возвратными пружинами
4	DK1, DK2		Дроссельный клапан
5	OK1, OK2		Обратный клапан
6	C1, C2		Гидравлический цилиндр двухстороннего действия

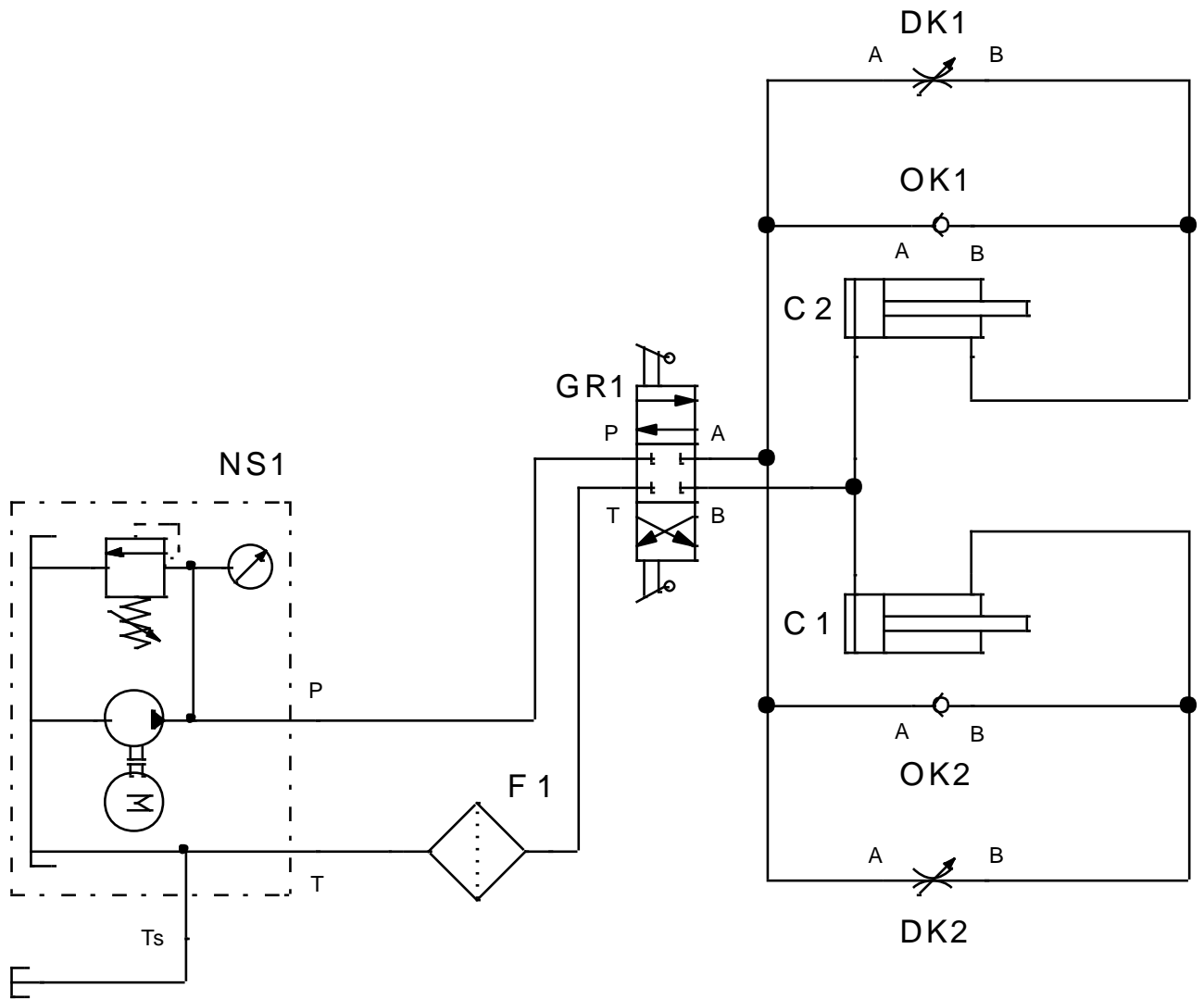


Рис. 1. Гидравлическая принципиальная схема привода поворота стрелы челюстного погрузчика

Процесс работы гидравлической системы управления привода поворота челюстного погрузчика описывается на интервалах времени следующими шагами.

Шаг 1. Рабочая жидкость при помощи насосной станции (NS1) поступает к моностабильному гидравлическому распределителю 4/3 с рычажным управлением и возвратными пружинами (GR1), при этом штоки гидроцилиндров (C1, C2) втянуты. Данный процесс представлен на рисунке 2А и соответствует интервалу времени от 0 до 2 секунды (см. рисунок 3).

Шаг 2. На гидравлический распределитель (GR1) оказывается управляющее воздействие, изменяя первоначальное положение, тем самым, рабочая жидкость заполняет бесштоковую полость цилиндров двухстороннего действия (C1, C2), обеспечивая полное выдвижение штоков. Данный процесс представлен на рисунке 2Б и соответствует интервалу времени от 2 до 5 секунд (см. рисунок 3).

Шаг 3. При достижении необходимого результата совершается управляющее воздействие с противоположной стороны гидравлического распределителя (GR1), вследствие чего, рабочая жидкость заполняет штоковые полости цилиндров (C1, C2), возвращая их в исходное состояние (штоки цилиндров втянуты). Данный процесс представлен на рисунке 2В и соответствует интервалу времени от 6 до 9 секунды (см. рисунок 3).

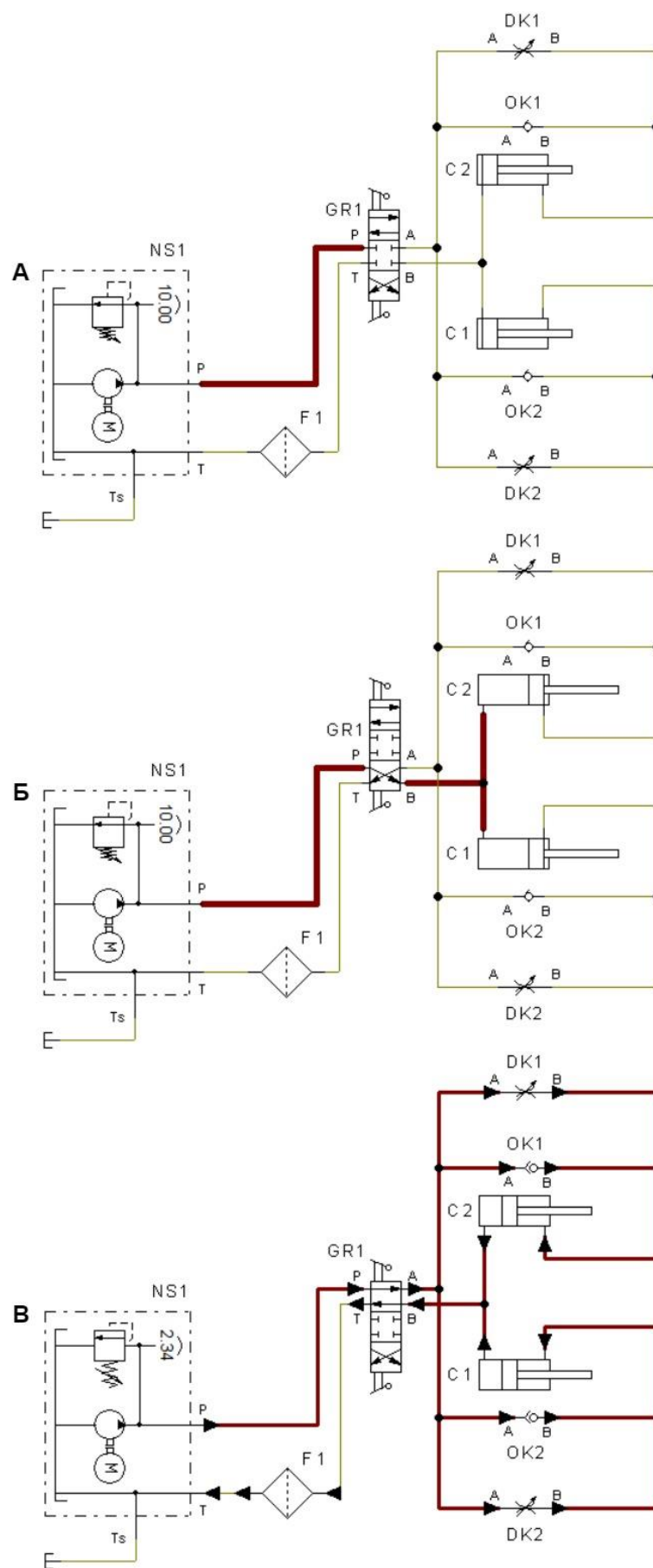


Рис. 2. Рабочий процесс имитационной модели гидравлической системы управления привода стрелы челюстного погрузчика: А – Исходное состояние системы; Б – Процесс выдвижения штока цилиндра; В – Процесс втягивания штока цилиндра

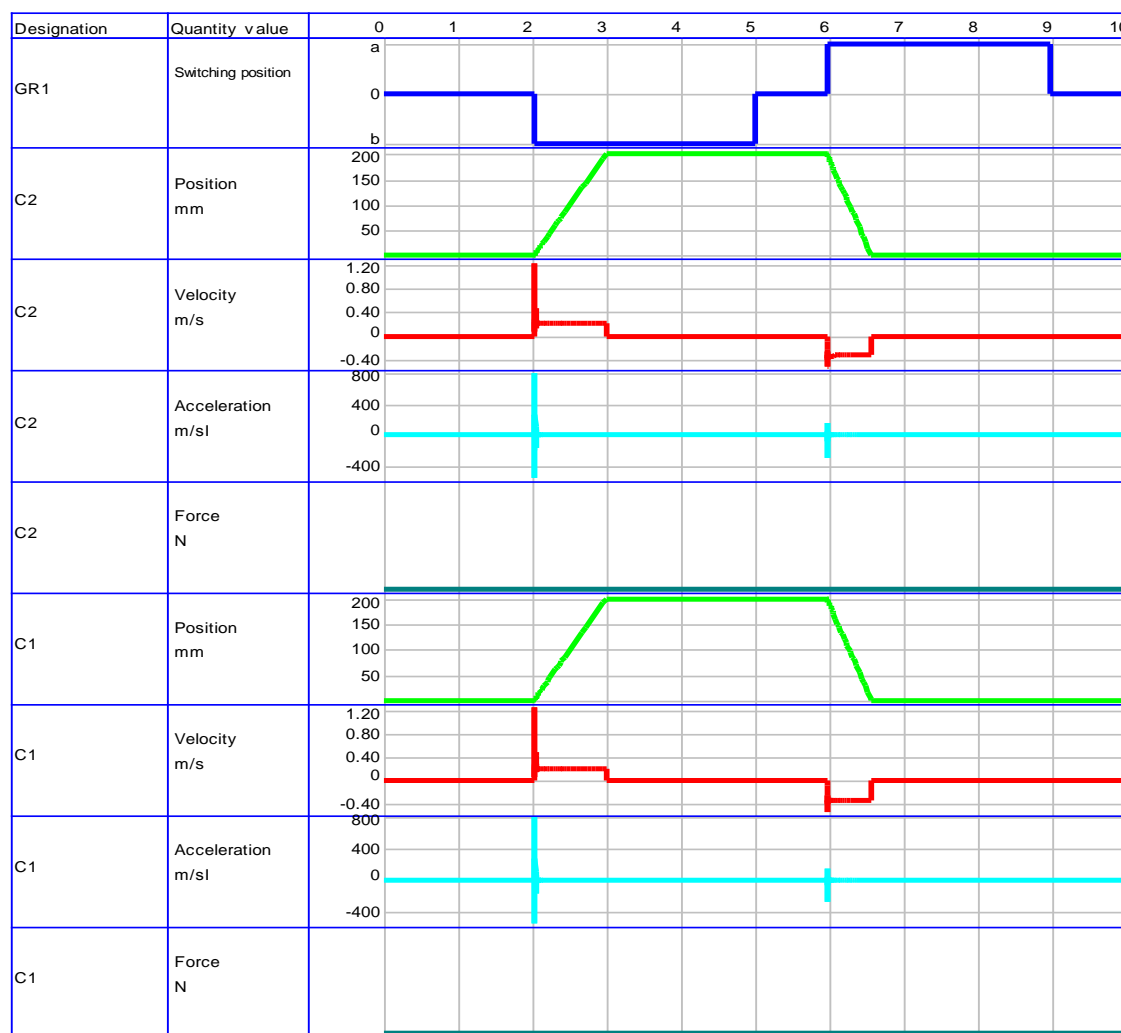


Рис. 3. Переходные процессы работы имитационной модели гидравлической системы привода органа фронтального погрузчика: «GR1, Switching position» – положение переключателя моностабильного распределителя 4/3; «C1, C2, Position mm» – перемещение штоков цилиндров, мм; «C1, C2, Velocity m/s» – скорость перемещения поршня цилиндра, м/с; «C1, C2, Acceleration m/s²» – ускорение поршня цилиндра, м/с²; «C1, C2, Force N» – усилие, действующее на шток цилиндра, Н

В ходе моделирования гидравлической системы управления привода поворота стрелы челюстного погрузчика были получены переходные процессы, изображенные на рисунке 3: «GR1, Switching position» – положение переключателя моностабильного распределителя 4/3 с рычажным управлением и возвратными пружинами; «C1, C2, Velocity m/s» – скорость перемещения поршня цилиндра, м/с; «C1, C2, Acceleration m/s²» – ускорение поршня цилиндра, м/с²; «C1, C2, Force N» – усилие, действующее на шток цилиндра, Н

Полученные графики переходных процессов подтверждают адекватность разработанной имитационной модели гидравлической системы управления привода поворота стрелы челюстного погрузчика. Полученные результаты, в данной работе, могут быть использованы в качестве заданий для практических или лабораторных работ технических специальностей для наглядного изучения гидравлических систем управления.

Список литературы

1. FESTO. Пневмоавтоматика. Издательство "FESTO Didactic" - 2005, - 145 с.
2. Воссин А.В. Моделирование гидравлической принципиальной схемы привода зажимного механизма при помощи пакета FLUIDSIM HYDRAULICS // В сборнике: ДНИ СТУДЕНЧЕСКОЙ НАУКИ. Сборник материалов 48-й научной конференции обучающихся СамГУПС . 2021. С. 208-209.

3. Терехин М.А., Гоннов А.И., Воссин А.В., Сафин Р.Р. Имитационная модель гидравлической системы управления цилиндром двустороннего действия в режиме однократного цикла при помощи обратного клапана на базе пакета FLUIDSIM HYDRAULICS // В сборнике: МЕХАТРОНИКА, АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ НА ТРАНСПОРТЕ. материалы III Всероссийской научно-практической конференции. 2021. С. 138-141.
4. Гоннов А.И., Рудаков А.А., Антонова В.В., Полтева Е.А., Сандлер И.Л. Имитационная модель системы управления цилиндром двустороннего действия в режиме непрерывного цикла с помощью моностабильного силового распределителя на базе пакета FLUIDSIM // Наука и образование транспорту. 2020. № 2. С. 19-23.
5. Антонова В.В., Гоннов А.И., Рудаков А.А., Чертыковцева Н.В. Имитационная модель системы управления цилиндром двухстороннего действия при выполнении одиночного цикла с защитой в начале цикла на базе пакета FLUIDSIM // Наука и образование транспорту. 2020. № 2. С. 3-5.
6. Полтева Е.А., Иванов Д.В., Сандлер И.Л., Антонова В.В. Моделирование информационно-измерительной системы гидравлического привода промышленного робота модели "УНИВЕРСАЛ 15" // Вестник СамГУПС. 2020. № 2 (48). С. 74-82.

УДК 681.521.35, 519.576.21

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ АНТИБЛОКИРОВОЧНОЙ ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМЫ

Воссин А.В., Сандлер И.Л.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. В данной работе рассматривается моделирование электрогидравлической принципиальной схемы антиблокировочной тормозной системы, применяемая в транспортной промышленности, а в частности автомобилестроении. Предлагаемая имитационная модель, позволяет моделировать различные ситуации работы АБС, при эксплуатации транспортных средств. Представленная модель выполнена на базе программного обеспечения Fluidsim 4 библиотеки Hydraulic фирмы «Festo».

Ключевые слова: имитационная модель, переходные процессы, антиблокировочная тормозная система, электрогидравлическая принципиальная схема, fluidsim.

MODELING OF AN ELECTROHYDRAULIC SCHEMATIC DIAGRAM OF AN ANTI-LOCK BRAKING SYSTEM

Vossin A.V., Sandler I.L.

Samara, Samara State Transport University

Abstract: this paper presents a simulation of an electrohydraulic schematic diagram of an anti-lock braking system used in the transport industry, and in particular in the automotive industry. The proposed simulation model allows you to simulate various situations of ABS operation during the operation of vehicles. The presented model is based on the Fluidsim 4 software of the Hydraulic library of the company "Festo".

Keywords: simulation model, transients, anti-lock braking system, electrohydraulic circuit diagram, fluidsim.

Безопасность в жизнедеятельности человека всегда является одной из главных актуальных проблем. Антиблокировочная тормозная система представляет собой устройство управления с обратной связью, которая препятствует полной блокировке колес во время торможения, сохраняя курсовую устойчивость и управляемость автомобиля, а также

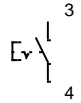

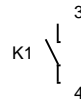
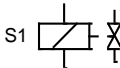

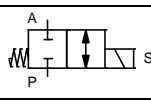

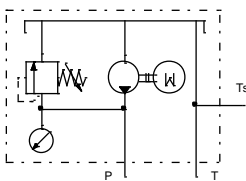


обеспечивает сокращение тормозного пути в сравнении с торможением посредством полной блокировкой колес, которая может достигать 10% или в несколько раз больше данного значения, в зависимости от сцепления колес с дорогой. На дороге с влажным покрытием это по-особенному заметно.

В работе рассматривается принципиальная электрогидравлическая схема антиблокировочной тормозной системы в представленная в [1], выполненная на базе пакета Fluidsim 4 библиотеки Hydraulic фирмы «Festo» [2-5].

Разработанная имитационная модель электрогидравлической системы управления антиблокировочной тормозной системы, представлена на рисунке 1, которая состоит из следующих блоков: выключатель кнопочный, нажимной с возвратом посредством нажатия кнопки, реле, нормально замкнутый контакт, нормальной разомкнутый контакт, соленоидный клапан, цилиндр двустороннего действия, моностабильный распределитель 2/2 с электрогидравлическим управлением, ресивер, электрический насос, обратный клапан, насосная станция. Имитационная модель электрической части системы управления антиблокировочной тормозной системы, которая позволяет имитировать работу соответствующих распределителей представлена на рисунке 2. Принятые обозначения элементов в имитационной модели, а также их вид представлены в таблице 1.

Таблица 1

Обозначение составляющих элементов имитационной модели

№п/п	Условное обозначение	Обозначение на схеме	Название
1	Switch		Выключатель кнопочный, нажимной с возвратом посредством нажатия кнопки
2	K1		Реле
3	K1		Нормально разомкнутый контакт
4	S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8		Соленоидный клапан
5	LZ, PP, LP, PZ		Бесштоковый цилиндр одно-стороннего действия
6	GR1, GR2, GR3, GR4, GR5, GR6, GR7, GR8		Моностабильный распределитель 2/2 с электрогидравлическим управлением
7	OK1, OK2, OK3, OK4		Обратный клапан
8	NS1		Насосная станция
9	R1, R2		Ресивер
10	EM1, EM2		Электрический мотор

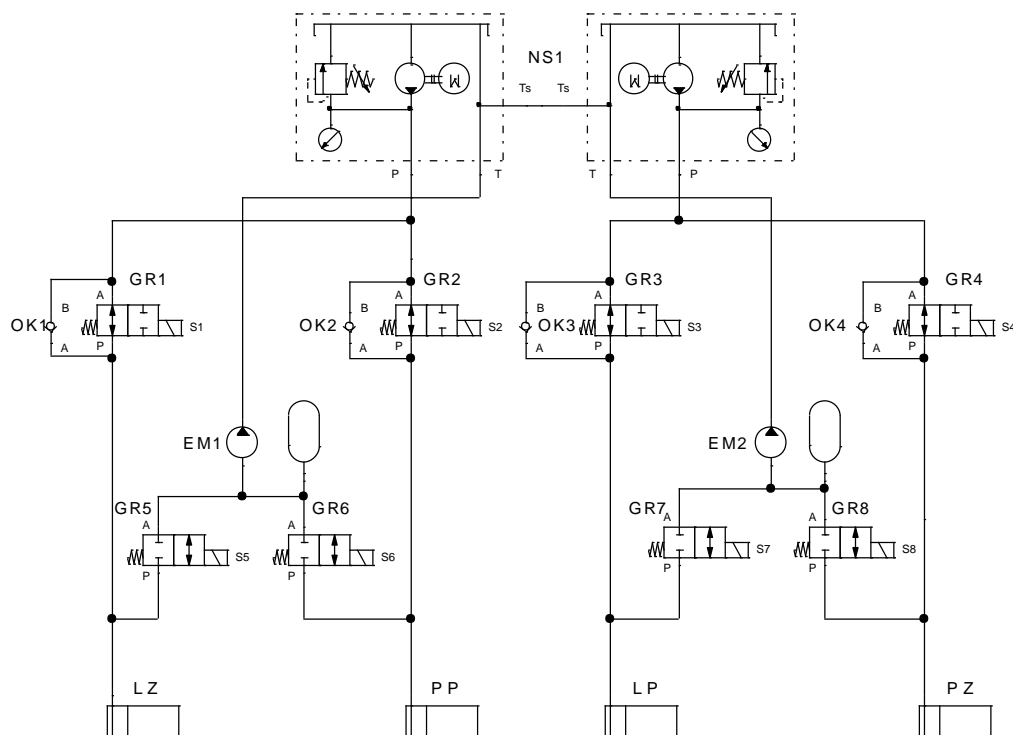


Рис. 1. Имитационная модель электрогидравлической системы управления антиблокировочной тормозной системы

Исходное состояние электрогидравлической антиблокировочной тормозной системы изображено на рисунке 1. Имитация нажатия на педаль отсутствует, поршни цилиндров одностороннего действия находятся во втянутом, а давление в системе равно нулю. Насосные станции имитируют главный цилиндр и разделяются на два разветвления, которые относятся к определенным цилиндрам. Цилиндры одностороннего действия в свою очередь заменяют имитацию работы суппортов.

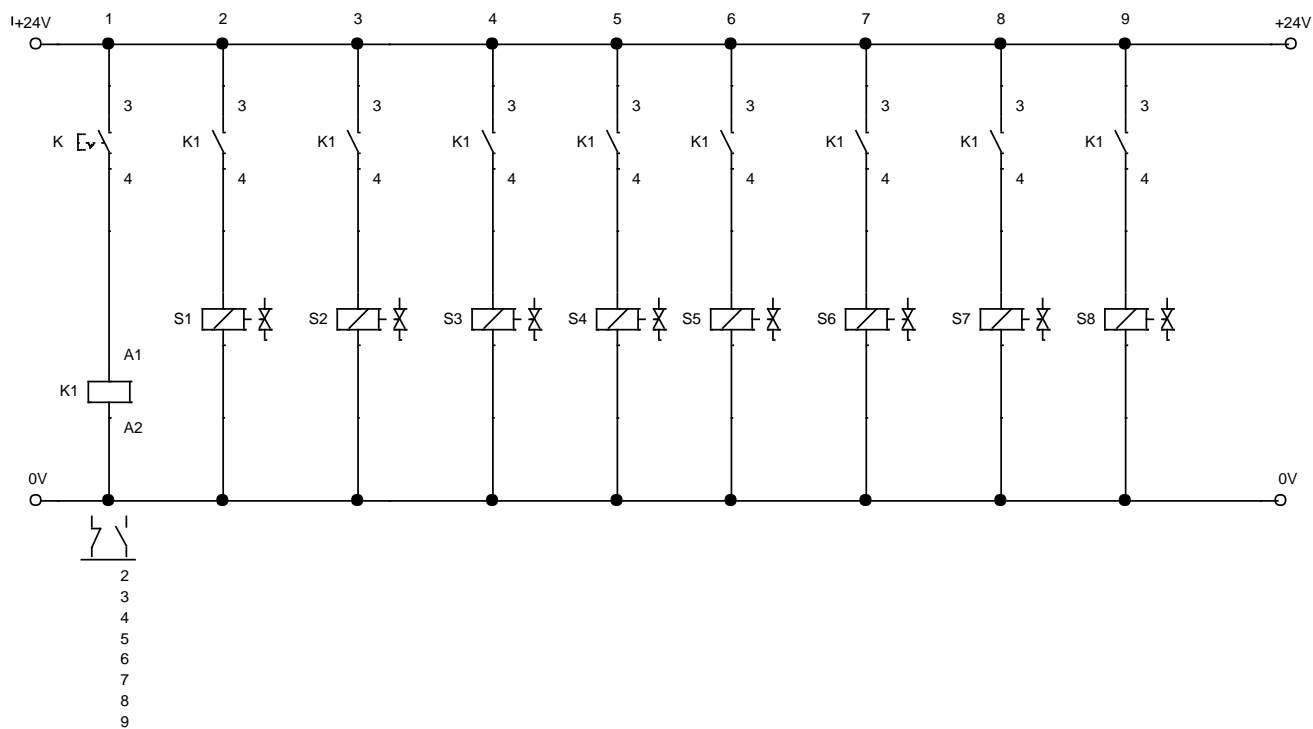


Рис. 2. Имитационная модель электрической части системы управления антиблокировочной тормозной системы

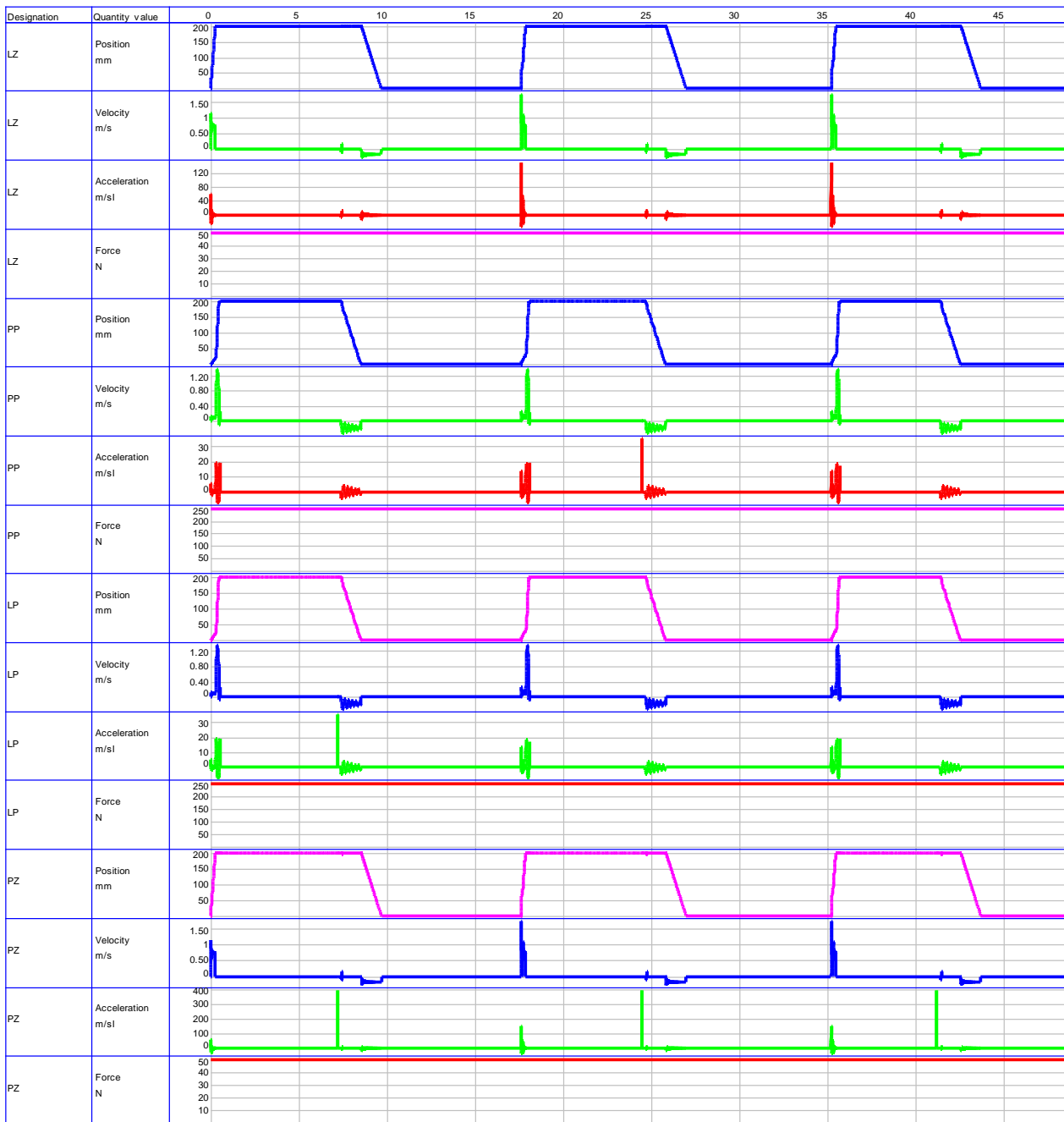


Рис. 3. Переходные процессы работы имитационной модели гидравлической системы управления антиблокировочной тормозной системы: «LZ, PP, LP, PZ, Position mm» – перемещение поршня цилиндра, мм; «LZ, PP, LP, PZ, Velocity m/s» – скорость перемещения поршня цилиндра, м/с; «LZ, PP, LP, PZ, Acceleration m/s²» – ускорение поршня цилиндра, м/с²; «LZ, PP, LP, PZ, Force N» – усилие, действующее на поршень цилиндра, Н

Работа имитационной модели электрогидравлической системы управления антиблокировочной тормозной системы, описывается на отдельных интервалах времени при повышенной нагрузке на цилиндры PP и LP, имитируя экстренное торможение автомобиля, оснащенного АБС, который совершает движение на спуске.

Шаг 1. На интервале времени от 0 до 5 рабочая жидкость, под давлением поступает через моностабильные распределители 2/2 с электрогидравлическим управлением (GR1, GR2, GR3, GR4 на рисунке 1) к цилиндрам одностороннего действия (LZ, PP, LP, PZ на рисунке 1), тем самым обеспечивая полное выдвижение поршней, что соответствует графикам переходных процессов, которые изображены на рисунке 3.

Шаг 2. При достижении необходимого результата на электрической схеме задействуется выключатель с возвратным механизмом посредством нажатия кнопки (К на рисунке 2), который подает сигнал на реле, находящегося на первой линии (К1 на рисунке 2). Посредством включения реле подаются сигналы на нормально разомкнутые контакты, которые находятся со второй по девятую линии (К1 на рисунке 2), активируя все соленоидные клапаны (S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8 на рисунке 2).

Шаг 3. При выполнении всех условий, описанных в шаге 2, моностабильные распределители 2/2 с электромагнитным управлением (GR1, GR2, GR3, GR4, GR5, GR6, GR7, GR8 на рисунке 1) при помощи соленоидного клапана смещаются, тем самым обеспечивая поступание рабочей жидкости в бак насосной станции посредством электрических моторов (EM1, EM2 на рисунке 1) и возвращение поршей цилиндров в первоначальное положение. Данный процесс показан на графиках с интервалом времени от 5 до 10 секунд, изображенных на рисунке 3.

Шаг 4. При снятии управляющего воздействия, работа схемы прекращается, что соответствует интервалу времени от 10 до 15 секунд.

На графиках переходных процессов соответствующие интервалу времени от 10 до 45 секунд, моделировалась работа системы при изменении управляющего воздействия, что соответствует силе нажатия на педаль тормоза, т.е. повышению давления в системе.

В результате моделирования электрогидравлической принципиальной схемы антиблокировочной тормозной системы, которая находилась в определенной нагрузочной ситуации, были получены адекватные переходные процессы работы системы, соответствующие рабочему процессу.

Разработанная имитационная модель может найти применение при улучшении существующих систем АБС, а также в учебном процессе при изучении гидравлических систем управления в автомобилестроении, тем самым позволит расширить возможность изучения студентами технических специальностей режимы работы АБС.

Список литературы

1. Автомобильный справочник для настоящих любителей техники: [Электронный ресурс]. URL: https://press.ocenin.ru/antiblokirovocnaya-sistema-tormozov-abs/#ch_kan_sist (Дата обращения: 08.12.2021)
2. FESTO. Пневмоавтоматика. Издательство "FESTO Didactic" - 2005, - 145 с.
3. Воссин А.В. Моделирование гидравлической принципиальной схемы привода зажимного механизма при помощи пакета FLUIDSIM HYDRAULICS // В сборнике: ДНИ СТУДЕНЧЕСКОЙ НАУКИ. Сборник материалов 48-й научной конференции обучающихся СамГУПС . 2021. С. 208-209.
4. Терехин М.А., Гоннов А.И., Воссин А.В., Сафин Р.Р., Припутников А.П. имитационная модель гидравлической системы управления цилиндром двустороннего действия при помощи моностабильного распределителя 4/2 с одновременным регулированием скорости выдвигания на базе пакета FLUIDSIM HYDRAULICS // В сборнике: МЕХАТРОНИКА, АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ НА ТРАНСПОРТЕ. материалы III Всероссийской научно-практической конференции. 2021. С. 142-145.
5. Терехин М.А., Гоннов А.И., Воссин А.В., Сафин Р.Р. Имитационная модель гидравлической системы управления цилиндром двустороннего действия в режиме однократного цикла при помощи обратного клапана на базе пакета FLUIDSIM HYDRAULICS // В сборнике: МЕХАТРОНИКА, АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ НА ТРАНСПОРТЕ. материалы III Всероссийской научно-практической конференции. 2021. С. 138-141.

УДК 681.521.35, 519.576.21

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ КРУГЛОШЛИФОВАЛЬНОГО СТАНКА 3E184

Сандлер И.Л., Кормаков А.А.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. В работе представлено имитационное моделирование гидравлической системы круглошлифовального станка 3E184, предназначенного для шлифования заготовок диаметром от 4 до 80 миллиметров. Моделирование производилось на базе пакета Fluidsim 4 библиотеки Hydraulics фирмы «Festo». Полученная имитационная модель может представлять интерес для научно-педагогических работников вузов, инженеров и других работников производства.

Ключевые слова: моделирование, круглошлифовальный станок 3E184, гидравлическая принципиальная схема, hydraulics, переходные характеристики.

MODELING OF THE HYDRAULIC CIRCUIT DIAGRAM OF THE 3E184 CIRCULAR GRINDING MACHINE

Sandler I.L., Kormakov A.A.

Samara, Samara State Transport University

Abstract: the paper presents a simulation of the hydraulic system of the 3E184 circular grinding machine, designed for grinding workpieces with a diameter of 4 to 80 millimeters. The simulation was carried out on the basis of the Fluidsim 4 package of the Hydraulics library of the company "Festo". The resulting simulation model may be of interest to university research and teaching staff, engineers and other production workers.

Keywords: modeling, circular grinding machine 3E184, hydraulic circuit diagram, hydraulics, transient characteristics.

Абразивная обработка деталей является одним из важнейших этапов изготовления продукта, благодаря которому изделие обретает конечные размеры и форму, а также чистую поверхность. В настоящее время, абразивная обработка происходит при помощи специальных шлифовальных станков, одним из таких является круглошлифовальный бесцентровый станок 3E184. Данный станок примечателен тем, что одновременно относится к двум видам шлифовальных станков: круглошлифовальным и бесцентрово-шлифовальным.

Благодаря компьютерному моделированию, которое позволяет исследовать необходимый объект с разных ракурсов, значительно облегчается задача модернизации существующих устройств и повышается эффективность произведенных расчетов, поскольку, имитационное моделирование наглядно демонстрирует поведение объекта, что позволяет в режиме реального времени вносить коррективы в имитационную модель и наблюдать за тем, как изменения влияют на работу модернизируемого устройства. Компьютерное моделирование позволяет обнаружить и исключить недостатки еще на этапе проектирования, без изготовления прототипа устройства, что в значительной мере экономит денежные средства в условиях, когда стоимость объекта в разы превышает затраты на разработку имитационной модели.

Исходя из вышеописанного, можно сделать вывод, что разработка имитационной модели гидравлической системы управления круглошлифовального бесцентрового станка 3E184 на базе пакета Fluidsim 4 библиотеки Hydraulics фирмы «Festo» [1,2] является актуальной задачей.

В данной работе представлено моделирование принципиальной гидравлической схемы круглошлифовального станка 3E184, изображенной на рисунке 1. Станок 3E184 [3] обеспечивает автоматические циклы, такие как: компенсации положения алмаза относительно образующей шлифовального круга, компенсации размера обрабатываемой детали, правки шлифовального круга, врезного шлифования с функциональной подачей.

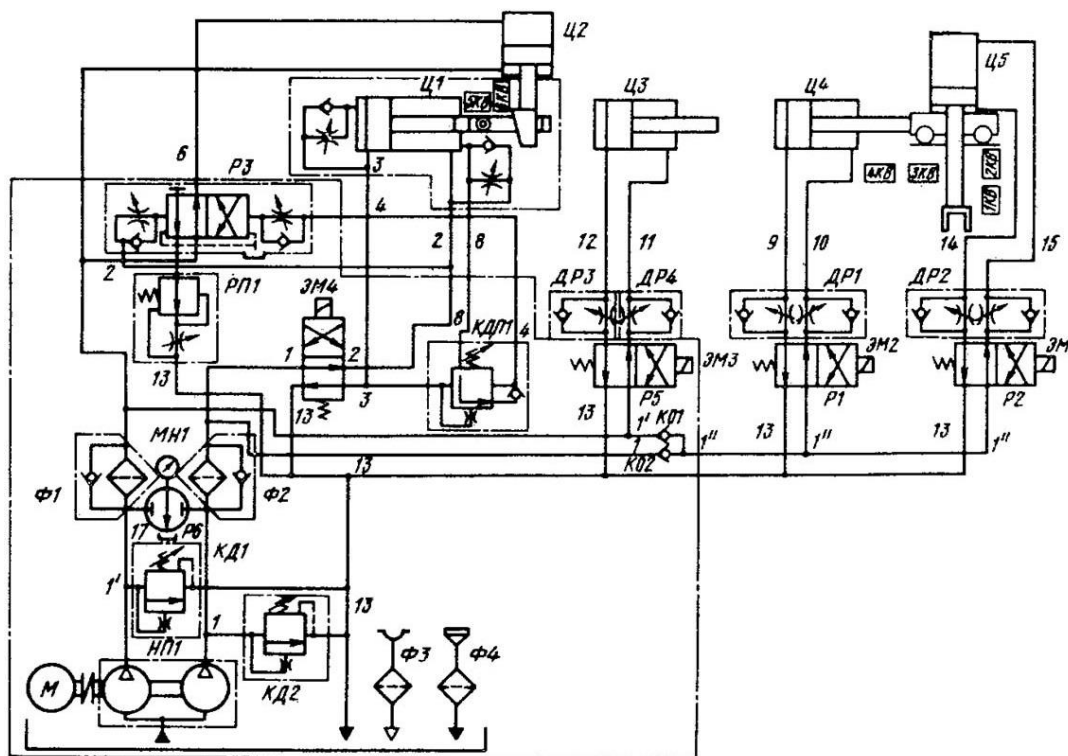


Рис. 1. Гидравлическая принципиальная схема круглошлифовального станка 3Е184

Выполнение врезного шлифования на полуавтомате обеспечивает грузочный манипулятор У31-588, настроенный на загрузку деталей, диаметр которых варьируется от 27 мм до 40 мм и длиной до 245 мм.

Полуавтоматы 3Е184 позволяют осуществлять шлифование, скорость которого может достигать 60 м/с, обрабатывать детали, диаметр которых превышает в 1,6 раза больше, чем указано в ГОСТ 2898-84.

Для осуществления шлифования со сквозной подачей ось ведущего круга находится в вертикальной плоскости относительно шлифовального круга под углом до 4° . Оси обоих кругов и нож неподвижны в процессе шлифования, а когда круги начинают изнашиваться, то их перемещают между собой на величину износа.

Материал ведущего круга обладает высоким коэффициентом трения, что способствует хорошему сцеплению ведущего круга со шлифуемой заготовкой.

Гидравлическая часть круглошлифовального станка 3Е184, представленная на рисунке 1, осуществляется следующим образом:

Сдвоенный пластинчатый насос *НП1* включается путем нажатия кнопки «Гидропривод», расположенной на пульте управления. После чего, сжатая жидкость через фильтры $\Phi 1$ и $\Phi 2$ по магистралям 1 и 1' поступает в гидравлическую систему полуавтомата. При помощи гидравлических клапанов *КД1* и *КД2* происходит регулировка давления рабочей среды. Значения давления в режиме реального времени представлены на манометре *МН1*.

Гидрораспределитель *Р2* управляется электромагнитом *Э1*, который, в свою очередь, приводится в действие нажатием кнопки «Пуск цикла», расположенной непосредственно на пульте управления. Гидроцилиндр *Ц5* отвечает за вертикальное перемещение заготовки. При достижении необходимого уровня поднятия заготовки, запускается выключатель *2КВ* и подает сигнал на включение электромагнита *Э2*, отвечающего за распределитель *Р1*, который, в свою очередь, запускает цилиндр горизонтального перемещения *Ц4*, осуществляя перенос заготовки к зоне шлифования. После выдвижения цилиндра *Ц4* запускается выключатель *ЭКВ*, который подает сигнал на отключение электромагнита *Э1*, тем самым, опуская заготовку на нож.

Срабатывание выключателя $1KB$ происходит после опускания заготовки, подавая сигнал на включение электромагнита $\mathcal{Э}4$, отвечающего за распределитель $P4$, осуществляет подвод шлифовальной бабки. Поршень цилиндра $\mathcal{Ц}1$ находится в рабочем положении, тем самым, препятствует сливу рабочей жидкости из штоковой полости гидроцилиндра, поэтому у сжатой жидкости остается только один обратный путь, который проходит через тормозной игольчатый дроссель.

Ролик опускается на копир вследствие снижения скорости хода шлифовальной бабки. Гидрораспределитель $P3$ переключается в рабочее положение, сразу после того, как приводится в действие клапан $KП1$. Рабочая подача бабки осуществляется гидроцилиндром $\mathcal{Ц}2$, перемещение которого происходит со скоростью $PП1$.

Реле времени $PВ1$ контроля выхаживания устанавливается путем срабатывания выключателя $6KB$. Возвращение копира в исходное положение происходит одновременно с отводом шлифовальной бабки. Данный процесс происходит вследствие завершения выхаживания реле времени, которое завершает подачу управляющего воздействия на электрический магнит $\mathcal{Э}4$.

Подъем готового изделия из зоны шлифовки происходит после переключения выключателя $5KB$, который подает управляющее воздействие на электрический магнит $\mathcal{Э}1$.

Электрический магнит $\mathcal{Э}2$ отключается при помощи выключателя $2KB$ после того, как завершится операция подъема готовой детали. Выключение электрического магнита $\mathcal{Э}1$ происходит посредством выключателя $4KB$ после того, как готовая деталь попадет в зону загрузки-выгрузки. Повторение цикла возможно только после того, как на выключатель $1KB$ придет управляющее воздействие, которое, в свою очередь, произойдет после попадания детали на призму.

При помощи гидроцилиндра $\mathcal{Ц}3$ происходит подналадка шлифовальной бабки. Гидроцилиндр $\mathcal{Ц}3$ приводится в действие путем переключения распределителя $P5$, который управляется при помощи электрического магнита $\mathcal{Э}3$, включение, в свою очередь, которого происходит после нажатия кнопки «Подналадка» После окончания подналадки, реле времени прекращает подачу сигнала на электромагнит $\mathcal{Э}3$ и цилиндр $\mathcal{Ц}3$ принимает исходное положение.

Работа имитационной модели (рис.2) на интервалах времени описывается следующим образом:

На интервале времени от 0 до 1 секунды, представленном на рисунке 3, насосная станция ($NS1$) создает давление в рабочих контурах системы и подает рабочую жидкость в распределитель $4/3$ с гидравлическим управлением ($R3$) и моностабильный распределитель $4/3$ с пружинным возвратом и электромагнитным управлением ($R2$), тем самым, обеспечивая выдвижение штока цилиндров двухстороннего действия ($C2, C5$).

На интервале времени от 1 до 4 секунд на распределитель ($R2$) оказывается управляющее воздействие электромагнитного типа, в следствие чего, рабочая жидкость заполняет штоковую область цилиндра ($C5$), осуществляя процесс втягивания. Затем, управляющее воздействие электромагнитного типа подается на распределитель ($R1$), выдвигая шток цилиндра ($C4$). После полного выдвижения штока цилиндра ($C4$), управляющее воздействие с распределителя ($R2$) снимается, обеспечивая выдвижение штока цилиндра ($C5$).

На интервале времени от 4 до 6 секунд при помощи управляющего воздействия на распределитель $R5$ осуществляется процесс выдвижения штока цилиндра ($C3$). При достижении полного выдвижения штока управляющее воздействие прекращается и шток принимает первоначальное положение.

На интервале времени от 6 до 8 секунд после отработки цикла цилиндра ($C3$), на распределитель $R4$ подается управляющее воздействие и рабочая жидкость, заполняя бесштоковую полость цилиндра ($C1$), выдвигает шток. После отработанного количества времени управляющее воздействие с распределителя ($R4$) снимается и шток цилиндра ($C1$) принимает исходное положение.

На интервале времени от 8 до 10 секунд подается управляющее воздействие на распределитель (R2), втягивая шток цилиндра (C5), а на распределитель (R1) управляющее воздействие прекращается, втягивая шток цилиндра (C4).

На интервале времени от 10 до 11 секунд прекращается цикл работы данной системы и с распределителя (R4) снимается управляющее воздействие, обеспечивая выдвижение штока цилиндра (C5).

Дальнейшая работа системы аналогична вышеописанному.

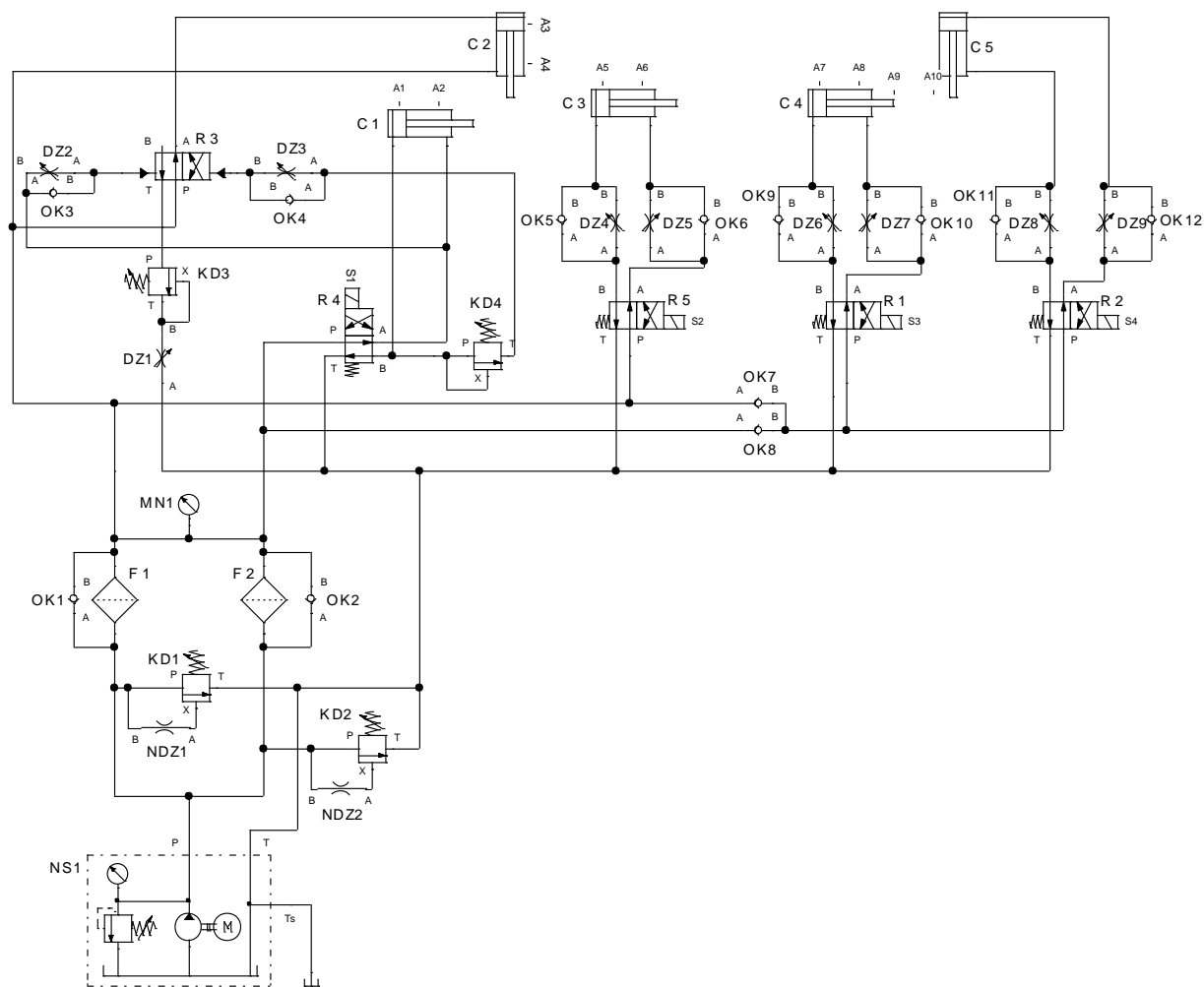
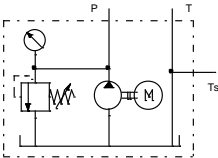
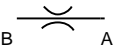
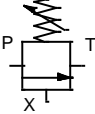

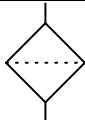


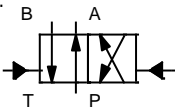
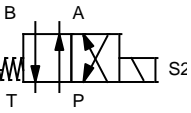
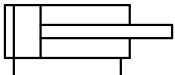


Рис. 2. Имитационная модель круглошлифовального станка 3E184

Список условных обозначений элементов имитационной модели гидравлической системы управления круглошлифовального станка 3E184 представлен в таблице 1.

Элементы имитационной модели

№п/п	Условное обозначение	Обозначение на схеме	Название
1	NS1		Насосная станция
2	NDZ1, NDZ2		Нерегулируемая дроссельная заслонка
3	KD1, KD2, KD3, KD4		Клапан давления
4	OK1, OK2, OK3, OK4, OK5, OK6, OK7, OK8, OK9, OK10, OK11, OK12		Обратный клапан
5	F1, F2		Фильтр
6	MN1		Манометр
7	DZ1, DZ2, DZ3, DZ4, DZ5, DZ6, DZ7, DZ8, DZ9		Регулируемая дроссельная заслонка
8	R3		Бистабильный распределитель 4/3 с гидравлическим управлением
9	R1, R2, R4, R5		Моностабильный распределитель 4/3 с пружинным возвратом и электромагнитным управлением
10	C1, C2, C3, C4, C5		Цилиндр двухстороннего действия

В ходе имитационного моделирования круглошлифовального бесцентрового станка 3E184 были получены переходные процессы, изображенные на рисунке 3, которые соответствуют рабочему режиму станка 3E184.

С учетом вышеизложенного, можно сделать вывод, что разработанная имитационная модель гидравлической системы управления круглошлифовального бесцентрового станка 3E184 адекватно описывает поведение исследуемого объекта. Полученные результаты могут представлять интерес для научно-педагогических работников технических вузов, инженеров и других работников производства.

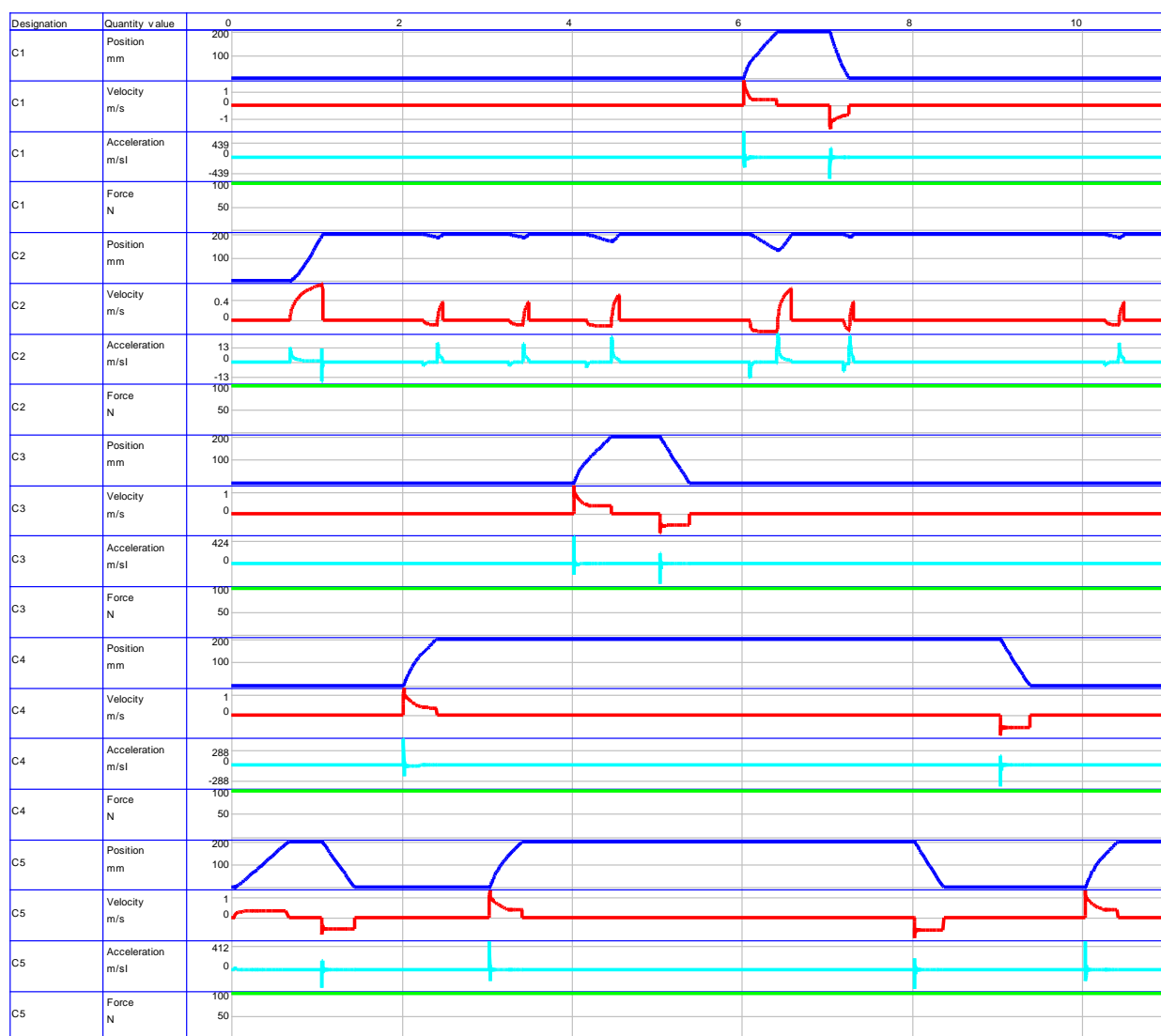


Рис. 3. Переходные процессы имитационной модели круглошлифовального станка 3E184: «C1, C2, C3, C4, C5, Position mm» – перемещение поршня цилиндра, мм; «C1, C2, C3, C4, C5, Velocity m/s» – скорость перемещения поршня цилиндра, м/с; «C1, C2, C3, C4, C5, Acceleration m/sl» – ускорение поршня цилиндра, м/с²; «C1, C2, C3, C4, C5, Force N» – усилие, действующее на шток цилиндра, Н

Список литературы

1. Воссин А.В. Моделирование гидравлической принципиальной схемы привода зажимного механизма при помощи пакета FLUIDSIM HYDRAULICS // В сборнике: ДНИ СТУДЕНЧЕСКОЙ НАУКИ. Сборник материалов 48-й научной конференции обучающихся СамГУПС . 2021. С. 208-209.
2. Терехин М.А., Гоннов А.И., Воссин А.В., Сафин Р.Р., Припутников А.П. имитационная модель гидравлической системы управления цилиндром двустороннего действия при помощи моностабильного распределителя 4/2 с одновременным регулированием скорости выдвижения на базе пакета FLUIDSIM HYDRAULICS // В сборнике: МЕХАТРОНИКА, АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ НА ТРАНСПОРТЕ. материалы III Всероссийской научно-практической конференции. 2021. С. 142-145.
3. 3e184 станок круглошлифовальный бесцентровый (бесцентровошлифовальный). Паспорт, схемы, характеристики, описание: [Электронный ресурс]. URL: http://stanki-katalog.ru/sprav_3e184.htm (Дата обращения: 10.12.2021)

УДК 681.521.35, 519.576.21

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КРАНА МАНИПУЛЯТОРА НА БАЗЕ ПАКЕТА FLUIDSIM HYDRAULICS

Терехин М. А., Сандлер И.Л.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. В данной работе представлена гидравлическая система управления крана манипулятора и ее имитационная модель, построенная на базе пакета FLUIDSIM 4 библиотеки Hydraulics. В ходе моделирования получены переходные характеристики работы гидравлической системы управления.

Ключевые слова: имитационная модель, гидравлический привод, кран манипулятор, hydraulics, переходные характеристики.

SIMULATION MODEL OF THE HYDRAULIC CONTROL SYSTEM OF THE MANIPULATOR CRANE BASED ON THE FLUIDSIM HYDRAULICS PACKAGE

Terekhin M.A., Sandler I.L.

Samara, Samara State Transport University

Abstract. This paper presents the hydraulic control system of the manipulator crane and its simulation model, built on the basis of the FLUIDSIM 4 package of the Hydraulics library. During the simulation, transient characteristics of the hydraulic control system were obtained.

Keywords: simulation model, hydraulic drive, crane manipulator, hydraulics, transient characteristics.

В настоящее время гидравлические приводы используются в различных областях техники, поскольку обладают высокой эффективностью, а благодаря большим техническим возможностям гидропривод, можно по праву считать, универсальным средством автоматизации различных технологических процессов.

Гидравлический привод представляет собой систему, состоящую из взаимосвязанных элементов, которая приводит в движение машины и механизмы при помощи гидравлической энергии. Насосный агрегат и гидравлический двигатель являются основными элементами гидравлического привода [1].

Гидроприводы, благодаря своей способности длительное время поддерживать нагрузку на грузозахватном органе без затрат энергии, находят активное применение в кранах манипуляторах. Гидравлические краны манипуляторы применяются в строительстве и транспортировке, позволяют произвести монтаж технического оборудования, а также используются для удаления с места ДТП пострадавших транспортных средств.

В данной работе предлагается гидравлическая система управления крана манипулятора, а также рассматривается моделирование на базе пакета FLUIDSIM 4 библиотеки hydraulics фирмы «Festo» [2-5].

Предполагаемая технологическая схема крана манипулятора представлена на рисунке 1. Кран манипулятор состоит из: основания с приводом поворотного стола 1; лебедки 2, осуществляющей подъем-опускание груза; гидравлического цилиндра 3, осуществляющего угол поворота стрелы; поворотного стола 4; противовеса 5; стрелы 6; крюка 7; гидромоторов М1 и М2, осуществляющих вращение.

В состав имитационной модели системы управления краном манипулятором (рисунок 2А) входят следующие блоки: насосный агрегат, гидромотор лебедки, гидромотор механизма поворота, цилиндр двустороннего действия подъема стрелы, моностабильный распределитель 4/3 с рычажным управлением, фильтр. Список условных обозначений элементов имитационной модели гидравлической системы управления краном манипулятором приведен

в таблице 1.

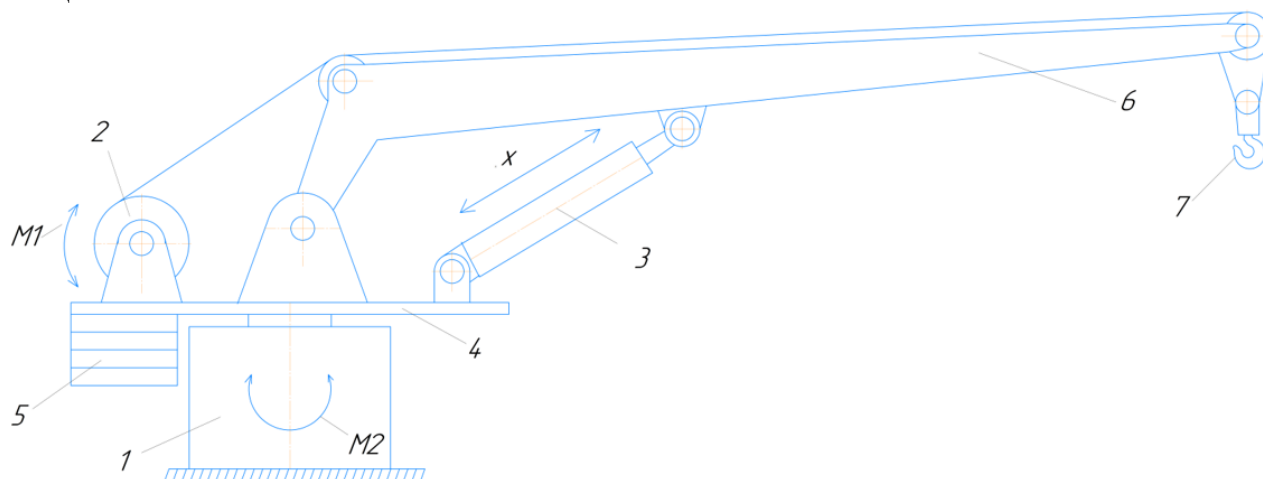
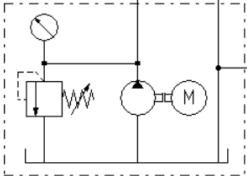


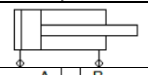
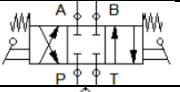



Рис. 1. Предполагаемая технологическая схема крана манипулятора

Таблица 1

Список условных обозначений элементов имитационной модели

№ п/п	Условное обозначение	Обозначение на схеме	Название
1	0V0		Насосный агрегат
2	HM1		Гидромотор лебедки
3	HM2		Гидромотор механизма поворота
4	C1		Цилиндр двустороннего действия подъема стрелы
5	0V1, 0V2, 0V3		Моностабильный распределитель 4/3 с рычажным управлением
6	F1		Фильтр

В исходном состоянии гидравлической системы управления краном манипулятором – шток гидроцилиндра втянут и давление в системе равно нулю, что соответствует схеме А на рисунке 2.

Работа схемы осуществляется следующим образом: насосный агрегат (0V0) подает сжатую жидкость из бака, которая через фильтр (F1) одновременно поступает к трём моностабильным распределителям 4/3 с рычажным управлением (блоки 0V1, 0V2, 0V3 на рисунке 1Б), при этом управление поворотной платформой, стрелой и грузовой лебедкой крана может происходить независимо друг от друга.

Для управления стрелой крана манипулятора необходимо задействовать моностабильный распределитель 4/3 (0V1). Для выдвижения стрелы крана манипулятора необходимо перевести рычаг в соответствующее положение. При переключении рычага начинается подача жидкости в бесштоковую полость цилиндра двухстороннего действия, что приводит к плавному выдвижению штока цилиндра и соответствует схеме Б на рисунке 2.

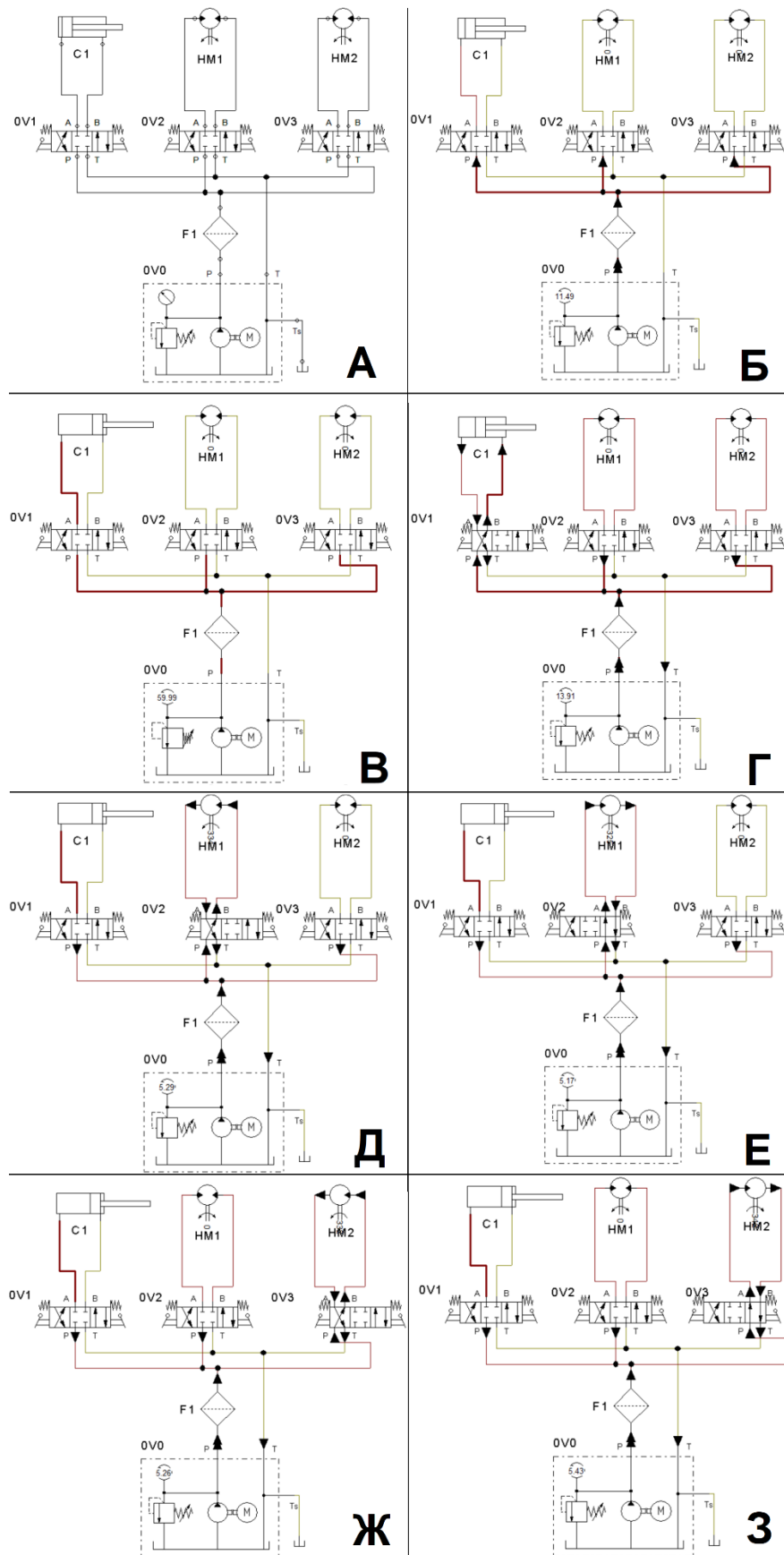


Рис. 2. Имитационная модель гидравлической системы управления крана манипулятора и пошаговая работа системы: А – Имитационная модель; Б – Выдвижение штока цилиндра, В – Рабочее состояние системы; Г – Втягивание штока цилиндра; Д – Вращение гидромотора НМ1 против часовой стрелки; Е – Вращение гидромотора НМ1 по часовой стрелке; Ж – Вращение гидромотора НМ2 против часовой стрелки; З – Вращение гидромотора НМ2 по часовой стрелке

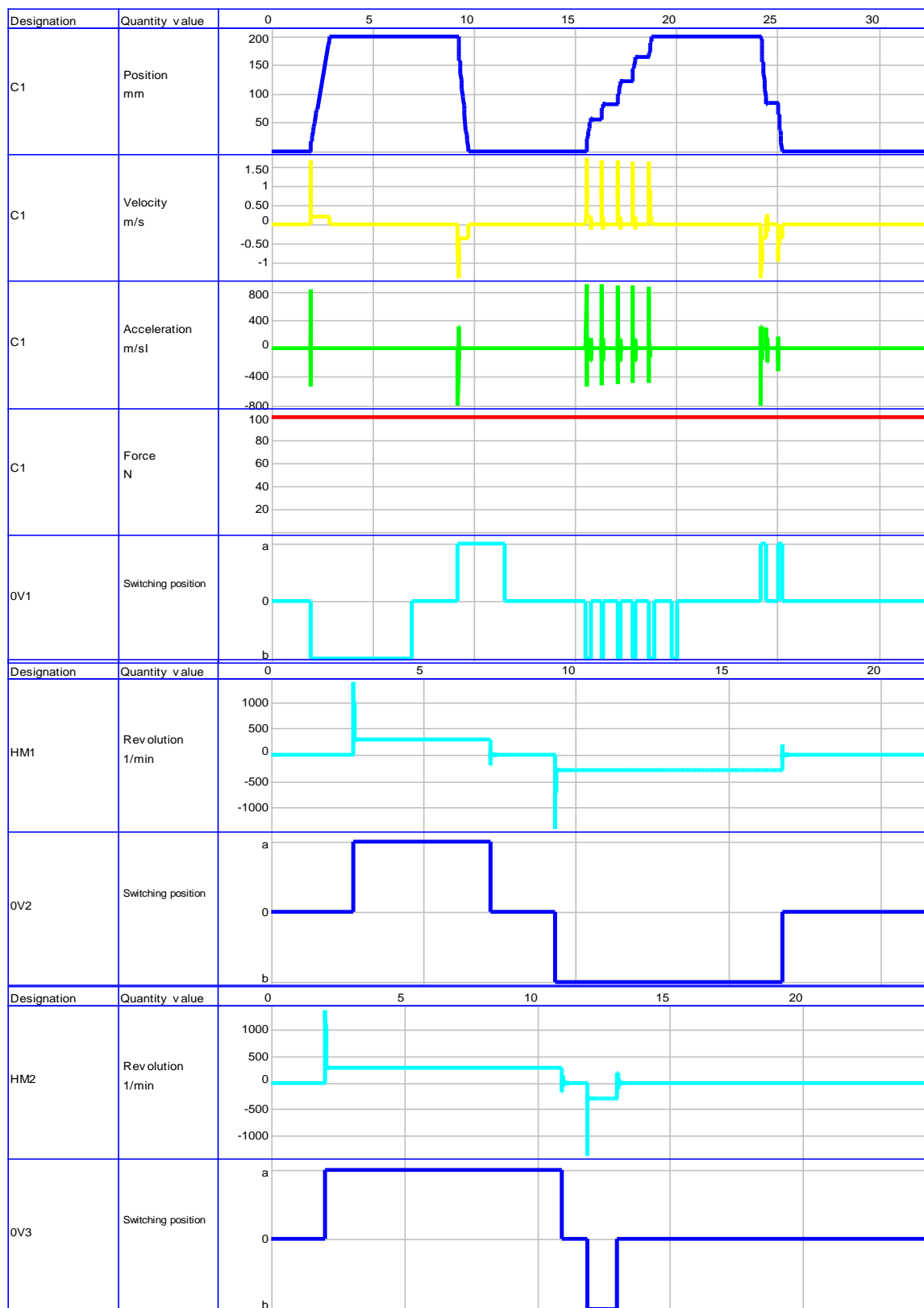


Рис. 3. Переходные процессы работы гидравлической системы управления крана манипулятора: «C1, Position mm» – перемещение штока цилиндра, мм; «C1, Velocity m/s» – скорость перемещения цилиндра, м/с; «C1, Acceleration m/s²» – ускорение цилиндра, м/с²; «C1, Force N» – сила действующая на шток цилиндра, Н; «HM1, Revolution 1/min» – скорость вращения гидромотора лебедки; «HM1, Switching position» – положение переключателя; «HM2, Revolution 1/min» – скорость вращения гидромотора механизма поворота; «HM2, Switching position» – положение переключателя

Рычаг моностабильного распределителя (0V1) не имеет фиксации положения, а благодаря возвратной пружине распределитель возвращается в исходное состояние. Для того чтобы шток цилиндра (C1) выдвинулся полностью (см. рисунок 1B), необходимо удерживать рычаг в соответствующем положении до полного выдвижения штока цилиндра. Выдвижение штока цилиндра может происходить не только равномерно, но и ступенчато – это видно на графике «C1, Position mm – перемещение штока цилиндра» (см. рисунок 3).

Для втягивания стрелы крана манипулятора необходимо перевести рычаг распределителя в соответствующее положение, после чего сжатая жидкость начинает поступать в штоковую полость цилиндра, в то же время жидкость из бесштоковой полости под давлением посредством насосного агрегата (0V0) устремляется в бак, до выравнивания давления в системе.

Для управления поворотом грузовой лебедки крана манипулятора необходимо задействовать моностабильный распределитель 4/3 (0V2). Для поворота лебедки против часовой стрелки необходимо перевести рычаг в соответствующее положение. При переключении рычага сжатая жидкость начинает циркулировать из бака через насосный агрегат (0V0) в распределитель (0V2), а из него в гидромотор (HM1), затем через распределитель обратно в бак, что приводит к плавному повороту лебедки и соответствует схеме Д на рисунке 2.

Для поворота лебедки по часовой стрелке необходимо перевести рычаг в противоположное положение. При переключении рычага сжатая жидкость начинает поступать в гидромотор (HM1), что приводит к плавному повороту лебедки и соответствует схеме Е на рисунке 2.

Поворотная платформа приводится в движение посредством гидромотора (HM2), путем переключения рычага моностабильного распределителя 4/3 (0V3). Поворот осуществляется как по часовой (см. рисунок 23), так и против часовой стрелки (см. рисунок 2Ж).

В ходе имитационного моделирования были получены переходные процессы работы гидравлической системы управления крана манипулятора «C1, Position mm» – перемещение штока цилиндра, мм; «C1, Velocity m/s» – скорость перемещения цилиндра, м/с; «C1, Acceleration m/sl» – ускорение цилиндра, м/с²; «C1, Force N» – сила действующая на шток цилиндра, Н; «HM1, Revolution 1/min» – скорость вращения гидромотора лебедки; «HM1, Switching position» – положение переключателя; «HM2, Revolution 1/min» – скорость вращения гидромотора механизма поворота; «HM2, Switching position» – положение переключателя.

Обобщая вышеизложенное, можно сделать вывод, что разработанная гидравлическая система управления крана манипулятора и ее имитационная модель адекватно описывает характер работы предложенного крана, что подтверждается полученными переходными процессами. Полученная гидравлическая система может найти практическое применение в сфере строительства и транспортировки, производить монтаж техоборудования и выполнять функции эвакуатора [6]. Кроме того, полученные результаты находят применение в учебном процессе при подготовке бакалавров по направлению 15.03.06 «Мехатроника и робототехника», а также смежных направлений подготовки, изучающие гидравлические системы управления.

Список литературы

1. Клубков, А. П. Промышленные гидро- и пневмоприводы: учеб. пособие / А. П. Клубков, Н. В. Бурносков, И. И. Бавбель. – Минск: БГТУ, 2000. – 66 с.
2. FESTO. Пневмоавтоматика. Издательство "FESTO Didactic" - 2005, - 145 с.
3. Воссин А.В. Моделирование гидравлической принципиальной схемы привода зажимного механизма при помощи пакета FLUIDSIM HYDRAULICS // В сборнике: ДНИ СТУДЕНЧЕСКОЙ НАУКИ. Сборник материалов 48-й научной конференции обучающихся СамГУПС . 2021. С. 208-209.
4. Терехин М.А., Гоннов А.И., Воссин А.В., Сафин Р. Р. Имитационная модель гидравлической системы управления цилиндром двустороннего действия в режиме однократного цикла при помощи обратного клапана на базе пакета FLUIDSIM hydraulics // 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. 138-141.
5. Терехин М.А., Гоннов А.И., Воссин А.В., Сафин Р.Р., Припутников А.П. Имитационная модель гидравлической системы управления цилиндром двустороннего действия при помощи моностабильного распределителя 4/2 с одновременным регулированием скорости выдвижения на базе пакета FLUIDSIM hydraulics // 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. 142-145.
 6. Области и сферы применения кранов-манипуляторов: [Электронный ресурс]. URL: <https://avtokrany.guru/mesta-primeneniya/kranov-manipulyatorov> (Дата обращения 22.12.2021)

УДК 681.521.35, 519.576.21

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ ПРИВОДА ПОДЪЕМА-ОПУСКАНИЯ КОВША И ВЫДВИЖЕНИЯ ЗАДНЕЙ СТЕНКИ САМОХОДНОГО СКРЕПЕРА

Сургучев И.В.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. В работе продемонстрировано моделирование гидравлической принципиальной схемы привода подъема-опускания ковша и выдвижения задней стенки самоходного скрепера, применение которого находится в гидротехническом, промышленном, дорожном и ирригационном строительстве. Данная имитационная модель была разработана на базе пакета Fluidsim 4 библиотеки Hydraulic.

Ключевые слова: привод подъема-опускания ковша и выдвижения задней стенки скрепера, переходные процессы, fluidsim, имитационная модель, гидравлическая принципиальная схема.

MODELING OF THE HYDRAULIC SCHEMATIC DIAGRAM OF THE BUCKET LIFTING-LOWERING DRIVE AND EXTENSION OF THE REAR WALL OF A SELF-PROPELLED SCRAPER

Surguchev I.V.

Samara, Samara State Transport University

Abstract. The paper demonstrates the simulation of a hydraulic schematic diagram of the bucket lifting-lowering drive and the extension of the rear wall of a self-propelled scraper, the use of which is in hydraulic engineering, industrial, road and irrigation construction. This simulation model was developed on the basis of the Fluidsim 4 package of the Hydraulic library.

Keywords: the drive for lifting and lowering the bucket and extending the rear wall of the scraper, transients, fluidsim, simulation model, hydraulic circuit diagram.

Строительные работы являются актуальной проблемой в жизни человека и, соответственно, имеют место быть. Скрепер – землеройно-транспортная машина, предназначение которой заключается в подрезании почвы по слоям, с последующей транспортировкой и погрузочно-разгрузочными работами. Существует несколько вариантов передвижения скрепера: в первом случае, машина передвигается при помощи тягача, во втором случае, при помощи собственного двигателя. Планировка стройплощадок, возведение насыпи, срезка растительного слоя почвы, создание выемок с последующей транспортировкой

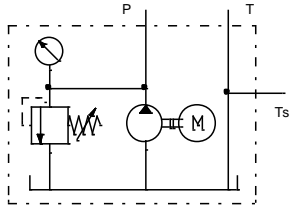
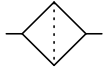
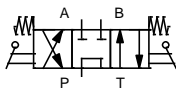


почвы в кавальеры или насыпи – эти и многие другие операции можно выполнить путем применения скрепера.

В данной работе рассматривается гидравлическая принципиальная схема привода подъема-опускания ковша и выдвигения задней стенки самоходного скрепера, которая была смоделирована в программе Fluidsim 4 библиотеки Hydraulic [1-4].

Гидравлическая принципиальная схема привода подъема-опускания ковша и выдвигения задней стенки самоходного скрепера состоит из следующих блоков: насосная станция, фильтр, моностабильный распределитель 4/3 с рычажным управлением и возвратными пружинами, цилиндр двустороннего действия, дроссельный клапан. Подробное описание элементов содержится в таблице 1.

Таблица 1

Описание элементов имитационной модели

№п/п	Условное обозначение	Обозначение на схеме	Название
1	NS1		Насосная станция
2	F1		Фильтр
3	V1, V2		Моностабильный распределитель 4/3 с рычажным управлением и возвратными пружинами
4	DAC1, DAC2		Цилиндр двустороннего действия
5	DK1		Дроссельный клапан

Работа гидравлической принципиальной схемы привода подъема-опускания ковша и выдвигения задней стенки самоходного скрепера происходит следующим образом: насосная станция (NS1 на рисунке 1) создает давление в контурах, и рабочая жидкость совершает циклический процесс, который проходит через фильтр (F1 на рисунке 1), моностабильные распределители 4/3 с рычажным управлением и возвратными пружинами (V1, V2 на рисунке 1) и дроссельный клапан (DK1 на рисунке 1), попадая в бак. В ходе данного циклического процесса распределители поочередно совершают смещение, вызванное воздействием рычажного управления, тем самым, обеспечивая полное выдвигение цилиндров двустороннего действия (DAC1, DAC2 на рисунке 1), что соответствует графикам переходных процессов, представленные на рисунке 2. При достижении необходимого рабочего процесса совершается аналогичное воздействие рычажного управления на распределители, способствуя возвращению цилиндров в первоначальное положение.

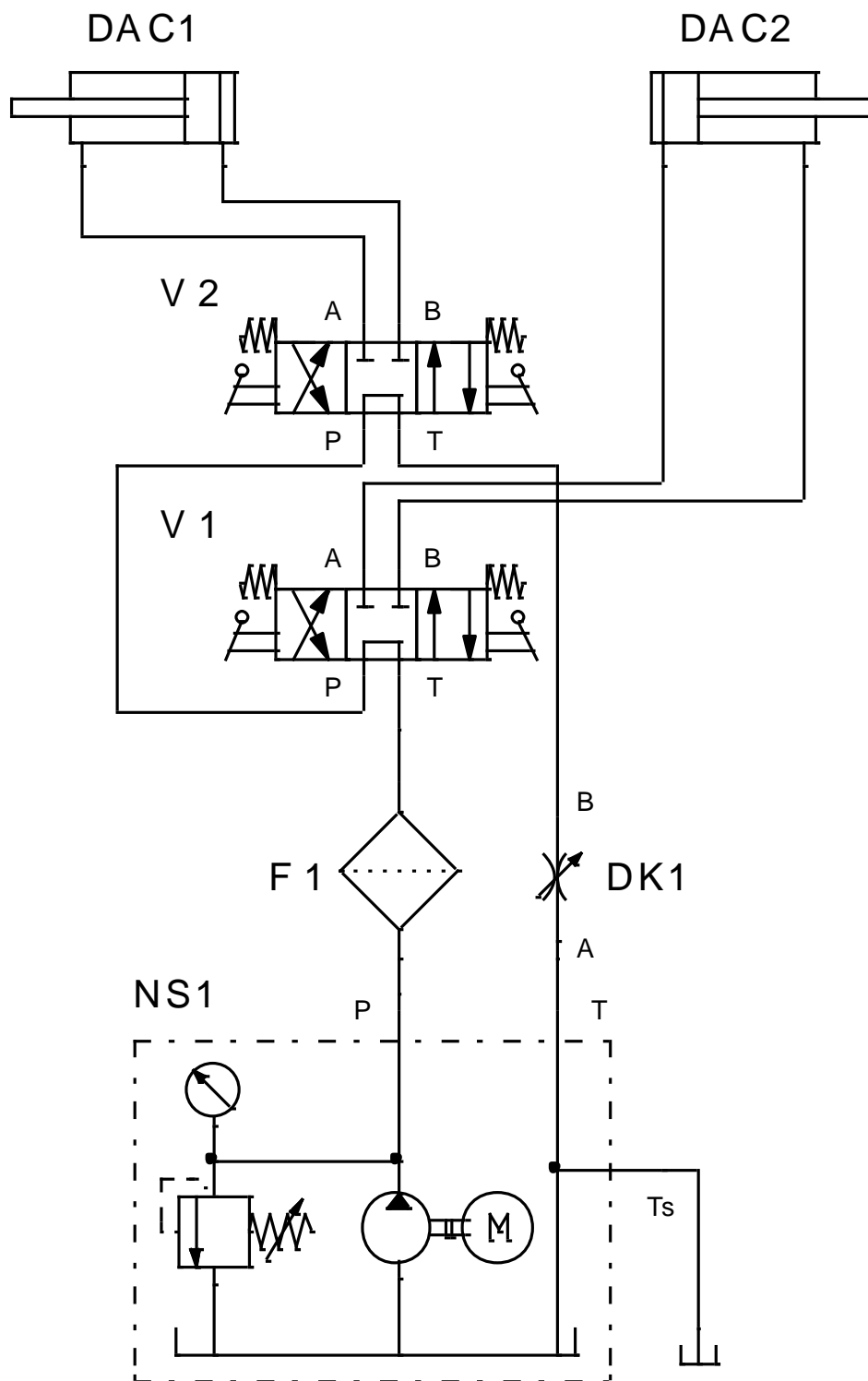


Рис. 1. Имитационная модель гидравлической системы управления привода подъема-опускания ковша и выдвигения задней стенки самоходного скрепера

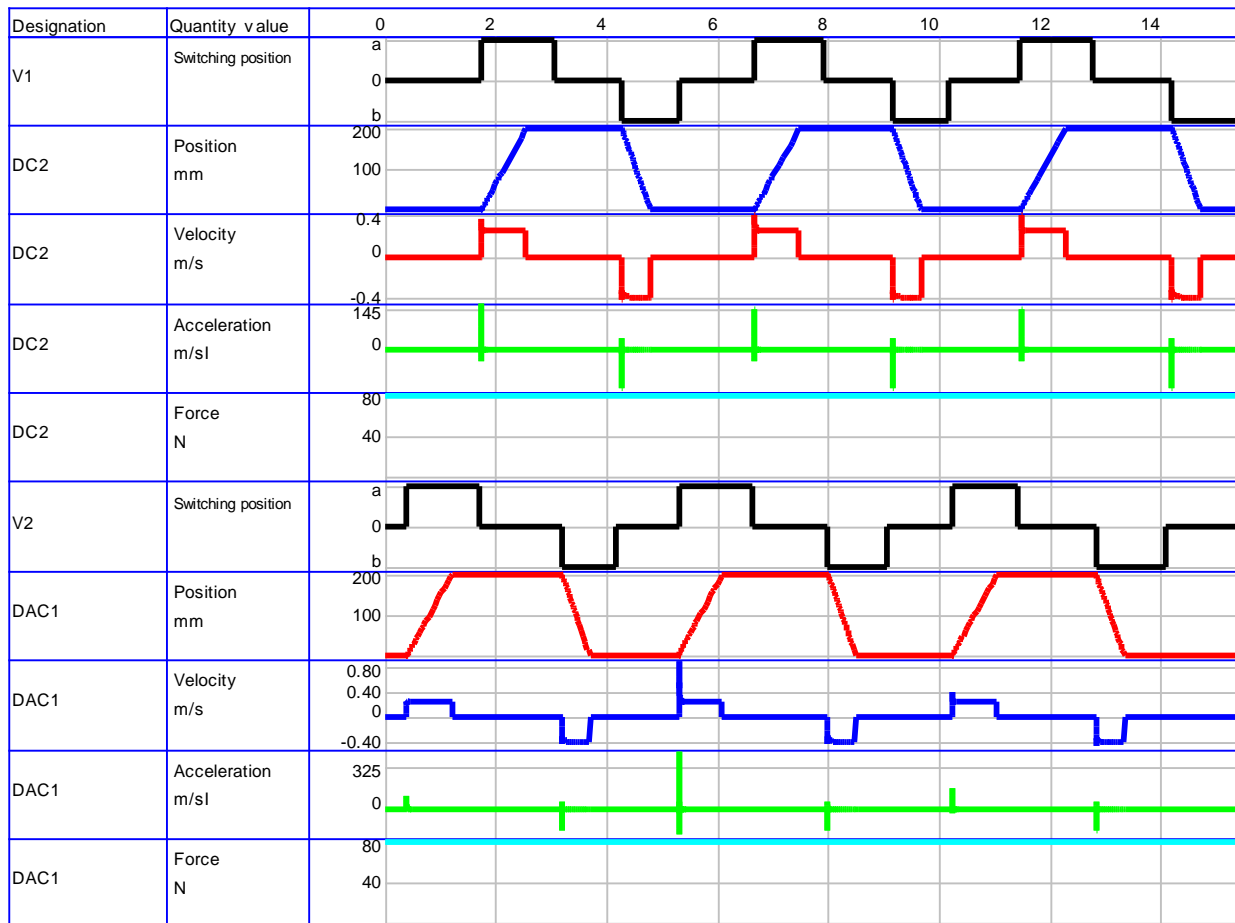


Рис. 2. Переходные процессы работы имитационной модели гидравлической системы управления

П

привода подъема-опускания ковша и выдвижения задней стенки самоходного скрепера: «DAC1, DAC2, Position mm» – перемещение поршня цилиндра, мм; «DAC1, DAC2, Velocity m/s» – скорость перемещения поршня цилиндра, м/с; «DAC1, DAC2, Acceleration m/s²» – ускорение поршня цилиндра, м/с²; «DAC1, DAC2, Force N» – усилие, действующее на шток цилиндра, Н; «V1, V2, Switching position» – положения переключателя моностабильного распределителя 4/3 с рычажным управлением и возвратными пружинами

В ходе имитационного моделирования гидравлической принципиальной схемы привода подъема-опускания ковша и выдвижения задней стенки самоходного скрепера были получены переходные процессы, которые соответствуют адекватному режиму работы: «DAC1, DAC2, Position mm» – перемещение поршня цилиндра, мм; «DAC1, DAC2, Velocity m/s» – скорость перемещения поршня цилиндра, м/с; «DAC1, DAC2, Acceleration m/s²» – ускорение поршня цилиндра, м/с²; «DAC1, DAC2, Force N» – усилие, действующее на шток цилиндра, Н; «V1, V2, Switching position» – положения переключателя моностабильного распределителя 4/3 с рычажным управлением и возвратными пружинами.

Разработанная имитационная модель соответствует реальному рабочему процессу, а значит может быть улучшена посредством внедрения нововведений или изучена с целью понимания работы самоходного скрепера

Список литературы

1. Иванов В.И., Сазанов И.И., Схиртладзе А.Г., Трифонова Г.О. Гидравлика. В 2 т. Т 1: Основы механики жидкости и газов: Учебник для студ. учреждений высш. проф. образования. М.: Академия, 2012.
2. Воссин А.В. Моделирование гидравлической принципиальной схемы привода зажимного механизма при помощи пакета FLUIDSIM HYDRAULICS // В сборнике: ДНИ

- СТУДЕНЧЕСКОЙ НАУКИ. Сборник материалов 48-й научной конференции обучающихся СамГУПС . 2021. С. 208-209.
3. Терехин М.А., Гоннов А.И., Воссин А.В., Сафин Р.Р., Припутников А.П. имитационная модель гидравлической системы управления цилиндром двустороннего действия при помощи моностабильного распределителя 4/2 с одновременным регулированием скорости выдвижения на базе пакета FLUIDSIM HYDRAULICS // В сборнике: МЕХАТРОНИКА, АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ НА ТРАНСПОРТЕ. материалы III Всероссийской научно-практической конференции. 2021. С. 142-145.
 4. Терехин М.А., Гоннов А.И., Воссин А.В., Сафин Р.Р. Имитационная модель гидравлической системы управления цилиндром двустороннего действия в режиме однократного цикла при помощи обратного клапана на базе пакета FLUIDSIM HYDRAULICS // В сборнике: МЕХАТРОНИКА, АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ НА ТРАНСПОРТЕ. материалы III Всероссийской научно-практической конференции. 2021. С. 138-141.

УДК 681.521.35, 519.576.21

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЛЕБЕДКИ НА БАЗЕ ПАКЕТА FLUIDSIM HYDRAULICS

Терехин М. А.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. В данной работе представлена имитационная модель электрогидравлической системы управления гидравлической лебедки модели Автоспас ЛЧГ54И серии "Буйвол", оснащенная червячным редуктором, рассчитанная на нагрузку 5400 кг, на базе пакета FLUIDSIM 4 библиотеки Hydraulics, получены переходные характеристики работы гидравлической системы.

Ключевые слова: имитационная модель, гидравлический привод, электрогидравлическая система управления, лебедка, hydraulics, переходные характеристики.

SIMULATION MODEL OF THE ELECTRO-HYDRAULIC CONTROL SYSTEM OF THE WINCH BASED ON THE FLUIDSIM HYDRAULICS PACKAGE

Terekhin M.A.

Samara, Samara State Transport University

Abstract. This paper presents a simulation model of the electro-hydraulic control system of a hydraulic winch model Avtospas LCHG54I of the "Buffalo" series, equipped with a worm gear, designed for a load of 5400 kg, based on the FLUIDSIM 4 package of the Hydraulics library, transient characteristics of the hydraulic system are obtained.

Keywords: simulation model, hydraulic drive, electro-hydraulic control system, winch, hydraulics, transient response.

При застройке первых стран Древнего мира человечество активно начало использовать грузоподъемное оборудование с целью облегчения труда. Ворот с намотанным канатом, был прототипом первой лебедки, которая использовалась в колодце.

С течением времени лебедка стала неотъемлемой частью многих технических устройств, например, канатные трассы, крановые манипуляторы, эвакуаторы и другие. Лебедка представляет из себя устройство, в котором тяговое усилие передаётся при помощи троса (гибкого элемента) от приводного барабана.

В настоящее время лебедки по типу привода делятся на: ручные, электрические, гидравлические, приводимые в движение двигателем внутреннего сгорания или паровой машиной.

Гидравлическая лебедка имеет ряд преимуществ в отличие от других типов приводов, а именно: низкий уровень производимого шума; плавность рабочего хода; удобство при эксплуатации и обслуживании; удобные массогабаритные размеры [1]. Отличительным преимуществом гидравлических лебедок является полная герметичность, которая повышает уровень надежности, что приводит к высокой устойчивости к перегрузкам гидромотора, при котором лебедка не выходит из строя, а просто останавливается.

В данной работе представлено моделирование гидравлической системы управления лебедки модели Автоспас ЛЧГ54И серии "Буйвол", изображенное на рисунке 1 [1], при помощи пакета FLUIDSIM 4 библиотеки Hydraulics фирмы «FESTO» [2-7].

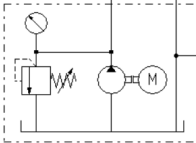

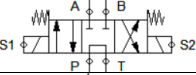

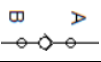
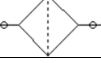



Системы управления гидравлической лебедкой могут строиться в зависимости от назначения и применения. Представленная схема, изображенная на рисунке 1, включает в себя, непосредственно, гидромотор лебедки, управляющий клапан, шланги высокого давления, насосную станцию, в которую входят насос, масляный бак, фильтр, предохранительный клапан, постоянный обратный клапан, шланги низкого и высокого давления. В отличие от представленной схемы (рисунок 1), в имитационную модель дополнительно введены блоки редуцированных клапанов переменного давления (0V2, 0V3) с обратными клапанами (OK1, OK2) для возможности влияния на гидравлическую систему путем изменения диаметра управляющей линии (гидролинии).



Рис. 1. Принципиальная гидравлическая схема возможного подключения гидравлической лебедки «Буйвол» ЛЧГ54И с червячным редуктором

В состав имитационной модели системы управления лебедки (рисунок 2А) входят следующие блоки: насосный агрегат с масляным баком 0V0; гидромотор лебедки HM1; моностабильный распределитель 4/3 с электромагнитным управлением 0V1; редуцирующие клапаны переменного давления 0V2, 0V3; обратные клапана OK1, OK2; фильтр F1; переключатели K1, K2, соленоидные клапаны S1, S2. Список условных обозначений элементов имитационной модели гидравлической системы управления лебедки приведен в таблице 1.

Список условных обозначений элементов имитационной модели

№ п/п	Условное обозначение	Обозначение на схеме	Название
1	0V0		Насосный агрегат с баком
2	HM1		Гидромотор лебедки
3	0V1		Моностабильный распределитель 4/3 с электромагнитным управлением
4	0V2, 0V3		Редукционный клапан переменного давления
5	OK1, OK2		Обратный клапан
6	F1		Фильтр
7	K1, K2		Реле
8	K1, K2		Переключатель
9	S1, S2		Соленоидный клапан

В исходном состоянии электрогидравлической системы управления лебедкой – гидромотор (HM1) находится в нейтральном положении, давление в системе равно нулю, что соответствует схеме А на рисунке 2. Напряжения на контактах электрической цепи отсутствует, что соответствует схеме А на рисунке 3. При включении насосного агрегата (0V0) сжатая рабочая жидкость, проходя через фильтр (F1), устремляется к моностабильному распределителю 4/3 с электромагнитным управлением (0V1), поскольку соленоид не активен (см. рисунок 3А), сжатая жидкость циркулирует по следующему маршруту: бак → насосный агрегат → фильтр → распределитель → бак, что соответствует схеме Б на рисунке 2. При активации кнопки с фиксацией в ветви 1 происходит замыкание ключа (K2), что приводит к подаче напряжения на соленоид (S1) в ветке 3 (см. рисунок 3Б), после чего происходит переключение распределителя (0V1), сжатая рабочая жидкость устремляется к редукционному клапану переменного давления (0V2) и гидромотор начинает вращаться по часовой стрелке, что соответствует рисунку 2В. Из гидромотора сжатая жидкость проходит через обратный клапан (OK2), далее устремляется к моностабильному распределителю 4/3 с электромагнитным управлением (0V1), и через насосный агрегат (0V0) возвращается в бак.

В целях безопасности в имитационную модель внедрены защитные цепочки в ветвях 3 и 4 соответственно, которые предотвращают одновременное включение соленоидов (S1, S2) электрогидрораспределителя (см. рисунок 3В). При активации кнопки с фиксацией в ветви 2 происходит замыкание ключа (K1), что приводит к подаче напряжения на соленоид (S1) в ветке 4 (см. рисунок 3Г), после чего происходит переключение распределителя (0V1), сжатая рабочая жидкость устремляется к редукционному клапану переменного давления (0V2) и гидромотор начинает вращаться против часовой стрелки, что соответствует рисунку 2Г. Из гидромотора сжатая жидкость проходит через обратный клапан (OK2), далее устремляется к моностабильному распределителю 4/3 с электромагнитным управлением (0V1) и через насосный агрегат (0V0) возвращается в бак. Далее работы схемы повторяется аналогично вышеописанному.

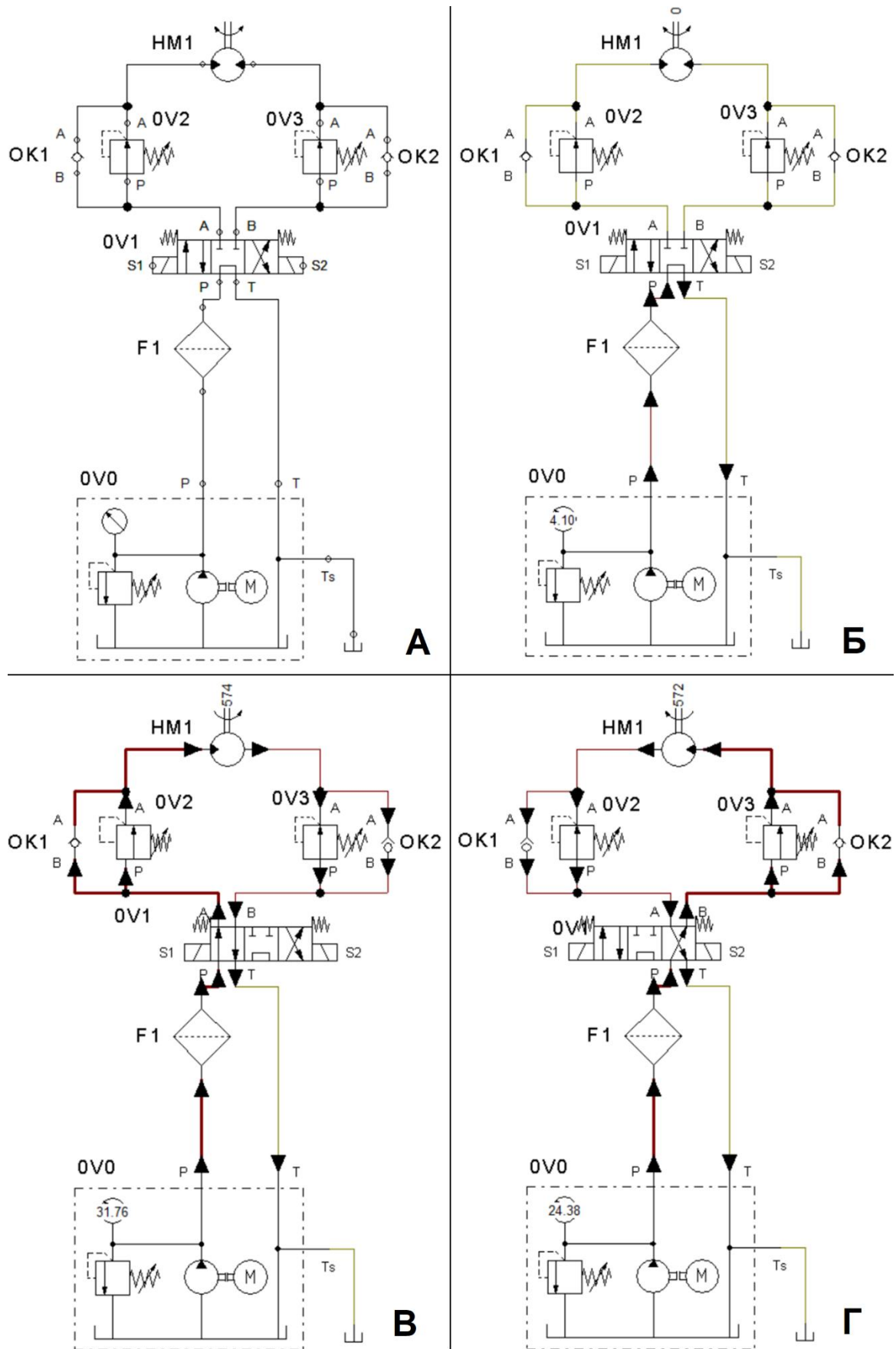


Рис. 2. Имитационная модель электрогидравлической системы управления лебедки и пошаговая работа системы: А – Имитационная модель; Б – Запуск насосного агрегата, В – Вращение гидромотора HM1 по часовой стрелке; Г – Вращение гидромотора HM1 против часовой стрелки

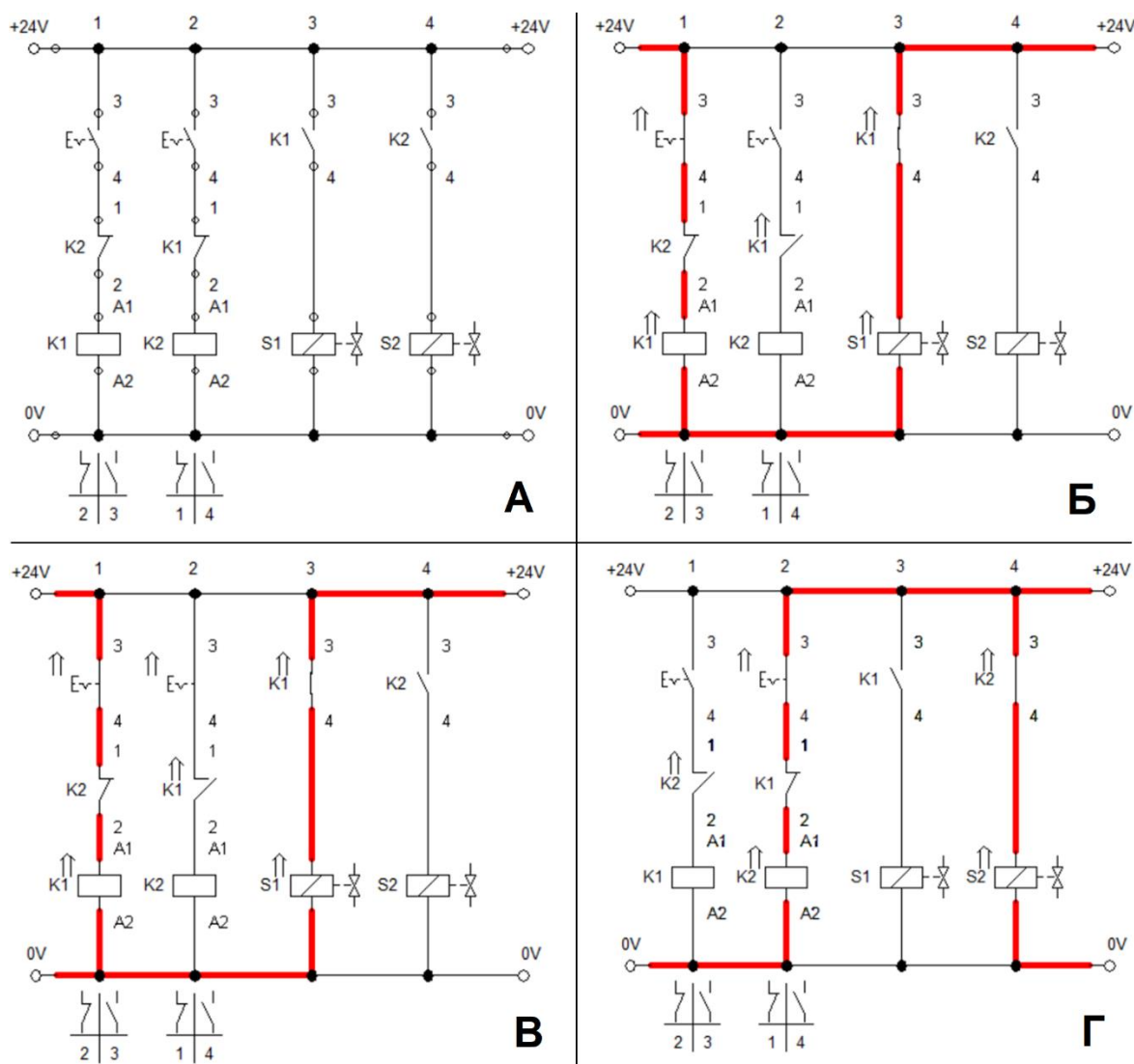


Рис. 3. Имитационная модель электрической части электрогидравлической системы управления лебедки и пошаговая работа системы: А – Имитационная модель; Б – Вращение гидромотора НМ1 по часовой стрелке, В – Защита системы при включении двух ветвей; Г – Вращение гидромотора НМ1 против часовой стрелки

В ходе имитационного моделирования были получены переходные процессы работы гидравлической системы управления лебедки «НМ1, Revolution 1/min» – скорость вращения гидромотора лебедки; «0V0, Flow l/min» – расход жидкости, л/мин; «0V1, Switching position» – положение моностабильного распределителя 4/3 с электромагнитным управлением; «0V2, Switching position» – положение редукционного клапана переменного давления; «0V2, Pressure, МПа» – давление редукционного клапана переменного давления «0V3, Switching position» – положение редукционного клапана переменного давления; «0V3, Pressure, МПа» – давление редукционного клапана переменного давления.

Исходя из вышесказанного, можно прийти к выводу, что разработанная имитационная модель адекватно описывает характер и поведение моделируемой гидравлической системы лебедки, что подтверждается полученными переходными характеристиками работы имитационной модели. Полученная гидравлическая система может найти практическое применение при проектировании таких механизмов как, канатные трассы, крановые манипуляторы и эвакуаторы [1]. Кроме того, полученные результаты могут найти применение в учебном процессе при подготовке бакалавров по направлению 15.03.06 «Мехатроника и робототехника», а также смежных направлений подготовки, изучающие гидравлические системы управления.

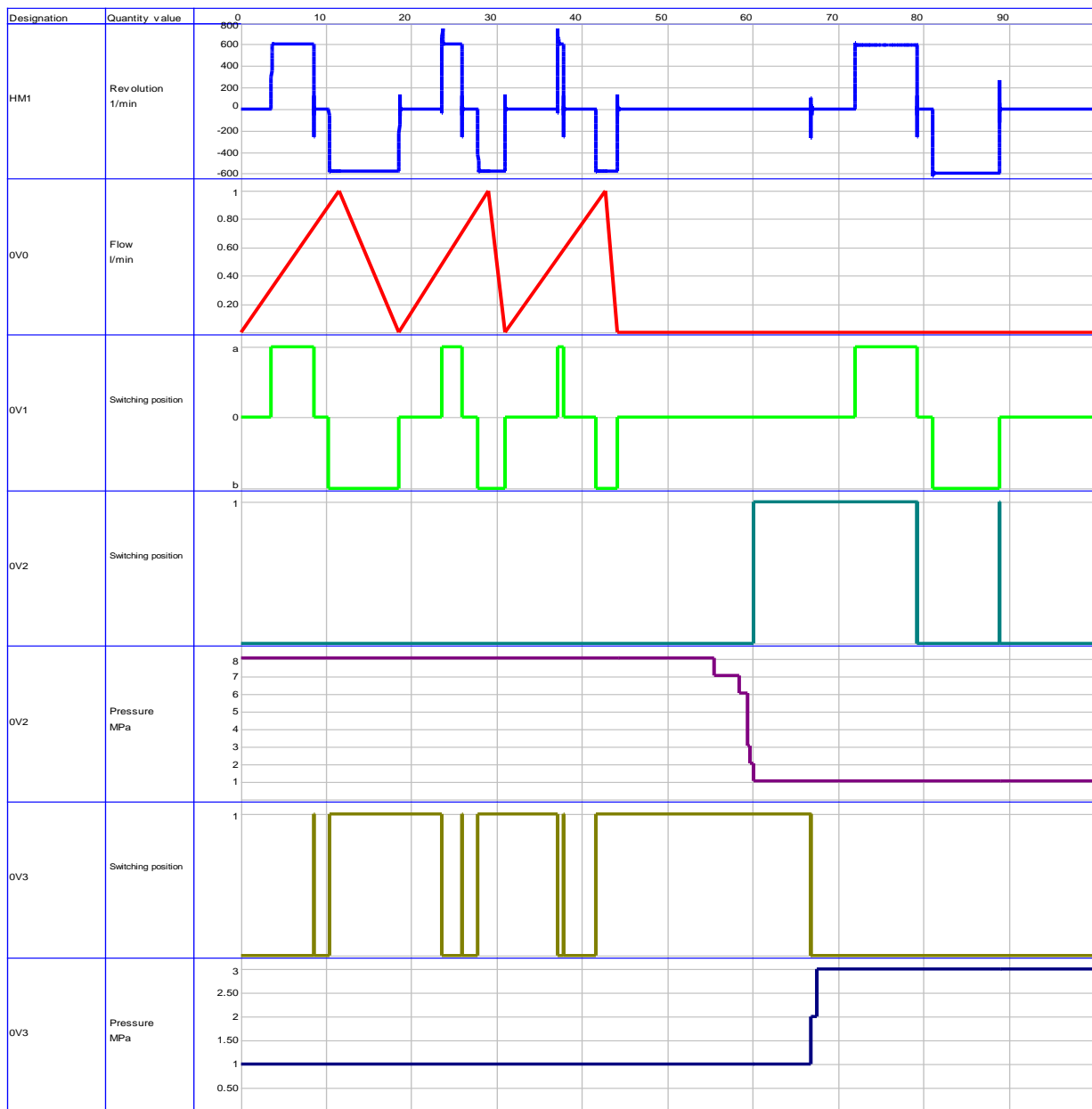


Рис. 4. Переходные процессы работы электрогидравлической системы управления лебедки: «HM1, Revolution 1/min» – скорость вращения гидромотора лебедки; «OV0, Flow l/min» – расход жидкости, л/мин; «OV1, Switching position» – положение моностабильного распределителя 4/3 с электромагнитным управлением; «OV2, Switching position» – положение редукционного клапана переменного давления; «OV2, Pressure, MPa» – давление редукционного клапана переменного давления «OV3, Switching position» – положение редукционного клапана переменного давления; «OV3, Pressure, MPa» – давление редукционного клапана переменного давления

Список литературы

1. Лебёдка гидравлическая червячная Автоспас Буйвол 5400 кг: [Электронный ресурс]. URL: <https://novosibirsk.mvo4x4.ru/lebedki/lebedki-94/lebedka-gidravlicheskaya-chervyachnaya-avtopas-bujvol-5400-kg-w0827-374.html> (Дата обращения 19.11.2021)
2. FESTO. Пневмоавтоматика. Издательство "FESTO Didactic" - 2005, - 145 с.
3. Воссин А.В. Моделирование гидравлической принципиальной схемы привода зажимного механизма при помощи пакета FLUIDSIM HYDRAULICS // В сборнике: ДНИ СТУДЕНЧЕСКОЙ НАУКИ. Сборник материалов 48-й научной конференции обучающихся СамГУПС . 2021. С. 208-209.

4. Терехин М.А., Гоннов А.И., Воссин А.В., Сафин Р. Р. Имитационная модель гидравлической системы управления цилиндром двустороннего действия в режиме однократного цикла при помощи обратного клапана на базе пакета FLUIDSIM hydraulics // 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. 138-141.
5. Терехин М.А., Гоннов А.И., Воссин А.В., Сафин Р.Р., Припутников А.П. Имитационная модель гидравлической системы управления цилиндром двустороннего действия при помощи моностабильного распределителя 4/2 с одновременным регулированием скорости выдвижения на базе пакета FLUIDSIM hydraulics // 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. 142-145.
6. Гоннов А.И., Рудаков А.А., Антонова В.В., Полтева Е.А., Сандлер И.Л. Имитационная модель системы управления цилиндром двустороннего действия в режиме непрерывного цикла с помощью моностабильного силового распределителя на базе пакета FLUIDSIM // Наука и образование транспорту. 2020. № 2. С. 19-23.
7. Антонова В.В., Гоннов А.И., Рудаков А.А., Чертыковцева Н.В. Имитационная модель системы управления цилиндром двухстороннего действия при выполнении одиночного цикла с защитой в начале цикла на базе пакета FLUIDSIM // Наука и образование транспорту. 2020. № 2. С. 3-5.

УДК 681.521.35, 519.576.21

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ ПРИВОДА МЕХАНИЗМА ПОВОРОТА АВТОМОБИЛЬНОГО КРАНА

Сургучев И.В.¹, Терехин М.А.¹, Читоркин Е.Е.²

¹Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

²Самара, Самарский национальный исследовательский университет

Аннотация. В данной работе представлено имитационное моделирование гидравлической принципиальной схемы привода поворота автомобильного крана, выполненная на базе пакета Fluidsim 4 библиотеки Hydraulic "Festo". В ходе моделирования получены переходные характеристики работы гидравлической системы управления.

Ключевые слова: привод поворота автомобильного крана, переходные процессы, гидравлическая принципиальная схема, имитационная модель, fluidsim.

MODELING OF THE HYDRAULIC SCHEMATIC DIAGRAM OF THE DRIVE OF THE TURNING MECHANISM OF AN AUTOMOBILE CRANE

Surguchev I.V.¹, Terekhin M.A.¹, Chitorkin E.E.²

¹Samara, Samara State Transport University

²Samara, Samara National Research University

Abstract: this paper presents a simulation of the hydraulic circuit diagram of the rotary drive of an automobile crane, made on the basis of the Fluidsim 4 package of the Hydraulic library "Festo". During the simulation, transient characteristics of the hydraulic control system were obtained.

Keywords: turning drive of an automobile crane, transients, hydraulic circuit diagram, simulation model, fluidsim.

Для выполнения погрузочно-разгрузочных и строительно-монтажных работ на строительных объектах возникает необходимость использования подъемно-транспортных машин, обладающих высокой мобильностью. Для таких целей были созданы крановые установки, монтируемые на автомобильном шасси грузового типа.

Автомобильный кран – это подъемно-транспортная самоходная машина, которая относится к кранам стрелового типа, оснащенные башенно-стреловым оборудованием. Для того чтобы обеспечить более высокую устойчивость и повысить грузоподъемность, на раму автокрана монтируют выносные опоры.

Благодаря мобильности, телескопическим стрелам и относительно небольшим габаритным размерам при транспортировке посредством железнодорожных путей сообщений автокраны не требуют разборки, поскольку они и так помещаются в грузовые вагоны.

В автокранах используют несколько типов приводов: механические, электрические и гидравлические, последние обладают высокой эффективностью и высокой удельной мощностью при относительно небольших габаритных размерах.

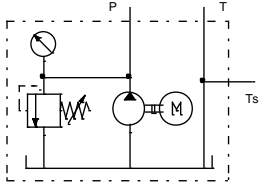
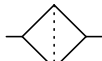
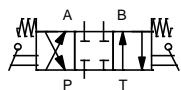

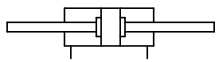
Исходя из вышеизложенного, разработка имитационной модели гидравлической системы управления привода поворота автомобильного крана является актуальной задачей.

В работе представлено моделирование гидравлической системы управления привода поворота автомобильного крана. Полученная имитационная модель была разработана при помощи комплекса программного обеспечения Fluidsim 4 библиотеки Hydraulic фирмы «FESTO» [1-6].

Гидравлическая система управления привода поворота автомобильного крана, представленная на рисунке 1, состоит из следующих блоков: насосная станция, бак, фильтр, моностабильный распределитель 4/3 с рычажным управлением и возвратными пружинами, дроссельный клапан, цилиндр двухстороннего действия с двухсторонними штоками. Список условных обозначений элементов имитационной модели гидравлической системы управления привода механизма поворота автомобильного крана приведен в таблице 1.

Таблица 1

Обозначения элементов имитационной модели

№п/п	Условное обозначение	Обозначение на схеме	Название
1	NS1		Насосная станция
2	F1		Фильтр
3	GR1		Моностабильный распределитель 4/3 с рычажным управлением и возвратными пружинами
4	DK1		Дроссельный клапан
5	C1		Цилиндр двухстороннего действия с двухсторонними штоками

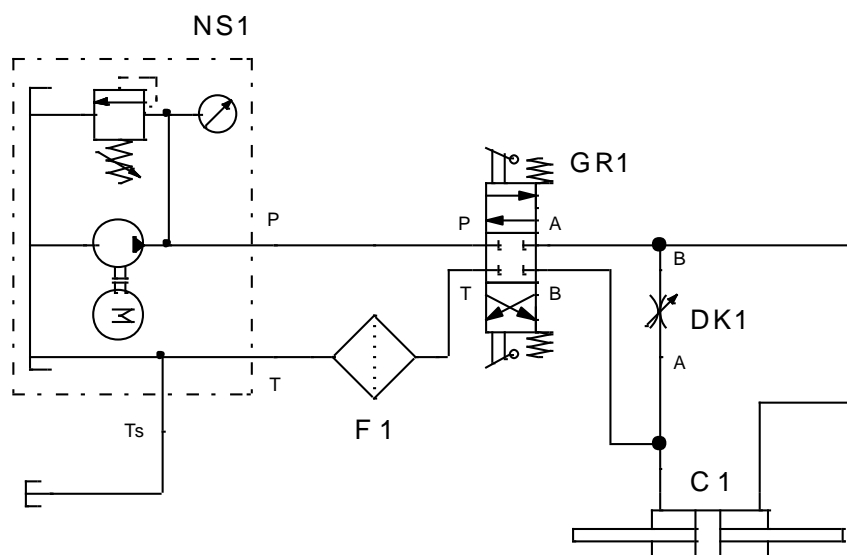


Рис. 1. Имитационная модель гидравлической системы управления приводом поворота автомобильного крана

Работа гидравлической принципиальной схемы привода поворота автомобильного крана описывается шагами на определенных интервалах времени:

Шаг 1. На графике переходных процессов, изображенных на рисунке 3, в интервале времени от 0 до 1 секунды насосная станция (NS 1) создает давление в контурах, тем самым, перемещая рабочую жидкость, которая поступает в моностабильный распределитель 4/3 с рычажным управлением и возвратными пружинами (GR1).

Шаг 2. При помощи рычажного воздействия распределитель меняет положение и подает рабочую жидкость в цилиндр двухстороннего действия с двухсторонними штоками (C1), в следствие чего шток начинает принимать рабочее положение, после чего воздействие прекращается, и пружинный механизм возвращает распределитель (GR1) в исходное положение, оставляя цилиндр (C1) в рабочем состоянии. Данный шаг показан на графике в интервале времени от 1 до 4 секунды на рисунке 3.

Шаг 3. На графике в интервале времени от 5 до 6 секунд аналогичными действиями достигается второе рабочее состояние цилиндра (C1). Данный шаг от предыдущего отличается тем, что рычажное воздействие осуществляется с другой стороны распределителя (GR1), смещая шток цилиндра в противоположное направление.

В ходе имитационного моделирования были получены переходные процессы работы гидравлической системы управления приводом поворота автомобильного крана «NS1, Flow l/min» – расход рабочей жидкости, л/мин; «GR1, Switching position» – положения переключателя моностабильного распределителя 4/3 с рычажным управлением; «C1, Position mm» – перемещение поршня цилиндра, мм; «C1, Velocity m/s» – скорость перемещения поршня цилиндра, м/с; «C1, Acceleration m/sl» – ускорение поршня цилиндра, м/с².

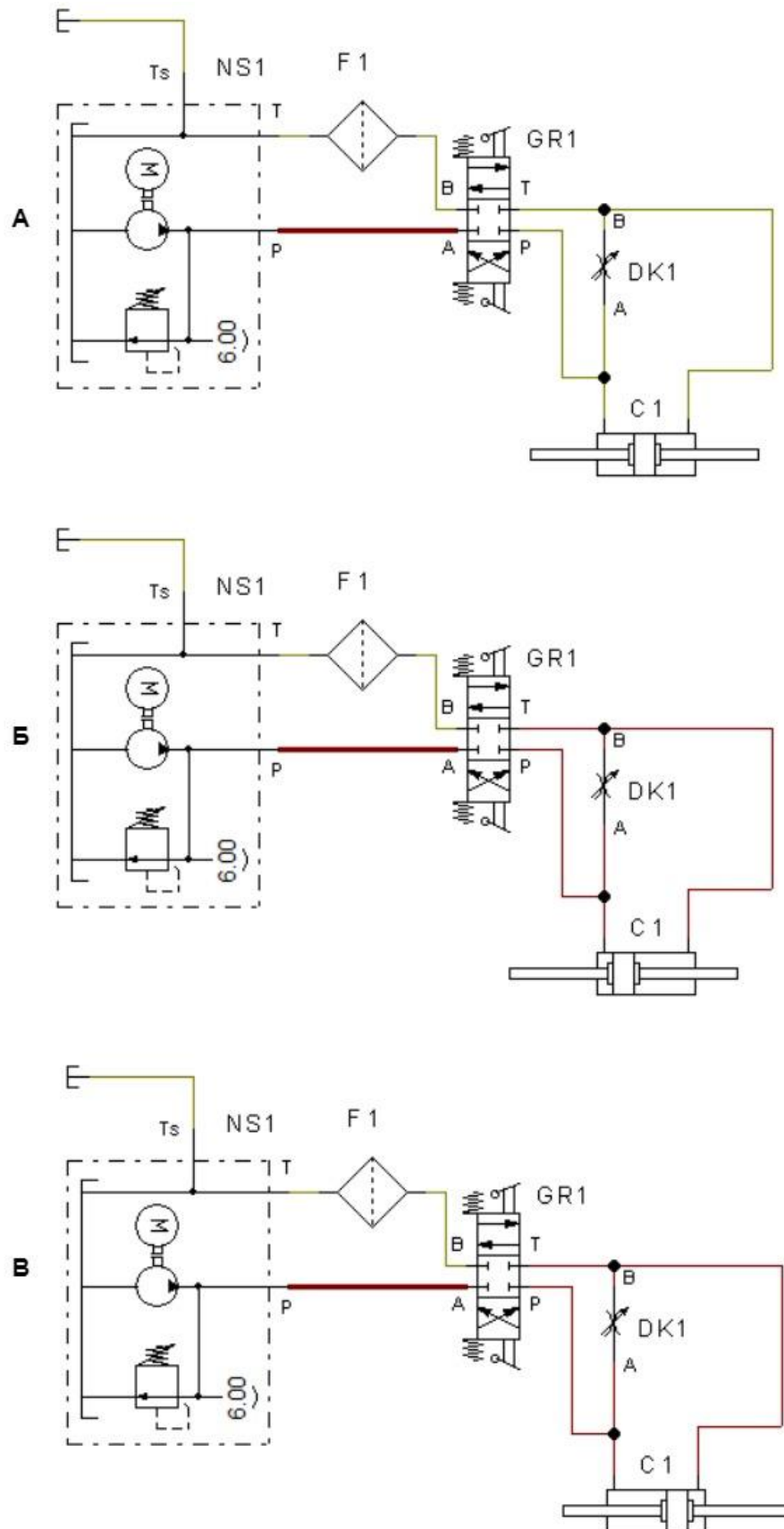


Рис. 2. Процесс работы имитационной модели: А – Начальное состояние работы системы; Б – Рабочее состояние цилиндра в первом положении; В – Рабочее состояние цилиндра во втором положении

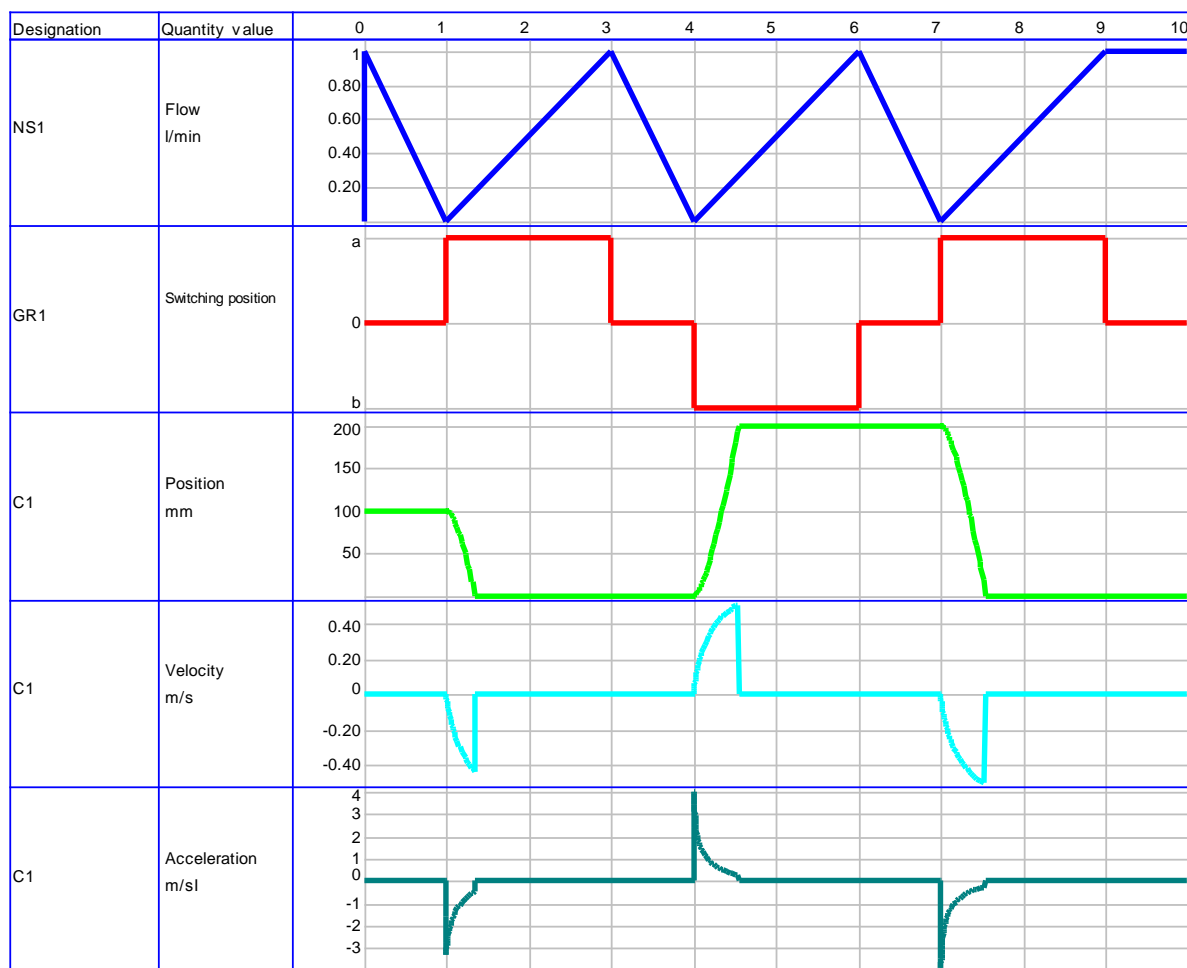


Рис. 3. Переходные процессы работы имитационной модели гидравлической системы управления приводом поворота автомобильного крана: «NS1, Flow l/min» – расход рабочей жидкости, л/мин; «GR1, Switching position» – положение переключателя моностабильного распределителя 4/3 с рычажным управлением; «C1, Position mm» – перемещение поршня цилиндра, мм; «C1, Velocity m/s» – скорость перемещения поршня цилиндра, м/с; «C1, Acceleration m/s²» – ускорение поршня цилиндра, м/с²

В связи с вышесказанным, разработанная имитационная модель привода поворота автомобильного крана является адекватной, поскольку полученные в ходе моделирования переходные процессы соответствуют переходным характеристикам реального рабочего состояния системы. Полученная гидравлическая система может найти практическое применение в сфере строительства и грузоперевозок. Имитационная модель может найти применение в учебном процессе при подготовке бакалавров по направлению 15.03.06 «Мехатроника и робототехника», а также смежных направлений подготовки, изучающие гидравлические системы управления.

Список литературы

1. Иванов В.И., Сазанов И.И., Схиртладзе А.Г., Трифонова Г.О. Гидравлика. В 2 т. Т 1: Основы механики жидкости и газов: Учебник для студ. учреждений высш. проф. образования. М.: Академия, 2012.
2. FESTO. Пневмоавтоматика. Издательство "FESTO Didactic" - 2005, - 145 с.
3. Воссин А.В. Моделирование гидравлической принципиальной схемы привода зажимного механизма при помощи пакета FLUIDSIM HYDRAULICS // В сборнике: ДНИ СТУДЕНЧЕСКОЙ НАУКИ. Сборник материалов 48-й научной конференции обучающихся СамГУПС . 2021. С. 208-209.

4. Терехин М.А., Гоннов А.И., Воссин А.В., Сафин Р.Р., Припутников А.П. имитационная модель гидравлической системы управления цилиндром двустороннего действия при помощи моностабильного распределителя 4/2 с одновременным регулированием скорости выдвигания на базе пакета FLUIDSIM HYDRAULICS // В сборнике: МЕХАТРОНИКА, АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ НА ТРАНСПОРТЕ. материалы III Всероссийской научно-практической конференции. 2021. С. 142-145.
5. Терехин М.А., Гоннов А.И., Воссин А.В., Сафин Р.Р. Имитационная модель гидравлической системы управления цилиндром двустороннего действия в режиме однократного цикла при помощи обратного клапана на базе пакета FLUIDSIM HYDRAULICS // В сборнике: МЕХАТРОНИКА, АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ НА ТРАНСПОРТЕ. материалы III Всероссийской научно-практической конференции. 2021. С. 138-141.

УДК 656.34

РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНЫХ КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ

Угарин А. Е., Додонов М. В.

Самара, Самарский национальный исследовательский университет

Аннотация. В статье рассматривается удаленный мобильный контрольно-измерительный комплекс, разрабатываемый для мониторинга объектов системы в режиме реального времени с помощью необходимого набора датчиков.

Ключевые слова: система диагностики и мониторинга, контрольно-измерительный комплекс, мобильность, датчик, сбор данных.

DEVELOPMENT OF MOBILE CONTROL AND MEASURING SYSTEMS

Ugarin A. E., Dodonov M. V.

Samara, Samara National Research University

Abstract. The article considers a remote mobile control and measuring complex being developed for monitoring system objects in real time using the necessary set of sensors.

Keywords: diagnostic and monitoring system, control and measuring complex, mobility, sensor, data collection.

Системы железнодорожной автоматики и телемеханики имеют важную роль в организации качественной, бесперебойной и безопасной работы железнодорожного транспорта. В существующих системах железнодорожной автоматики и телемеханики одним из основных элементов являются датчики оперативной и достоверной информации и подвижных единиц, которые могут строиться на разных принципах [1].

С развитием высокоскоростного движения поездов все более ужесточаются требования к объектам и устройствам инфраструктуры железнодорожного транспорта. Поэтому становится актуальным вопрос альтернативных решений в области совершения контроля занятости, мониторинга системы и автоматизации этих решений [2].

Задачей данной работы является разработка комплексной надежной контрольно-измерительной системы, с целями диагностики и мониторинга технического состояния вагонных составов, позволяющей своевременно выявлять предотказные состояния элементов в режиме реального времени без ограничений по скорости движения составов. Схема системы представлена на рисунке 1. Мониторинг должен быть удобен с актуальных на сегодняшний день устройств, таких как персональный компьютер и смартфон.

С помощью персонального компьютера можно обратиться к клиентской части системы для просмотра журнала и мониторинга состояния. Смартфон может служить как средством просмотра данных на сервера, так и средством настройки и отладки объектов системы, когда они не умеют прямого доступа к сети интернет.

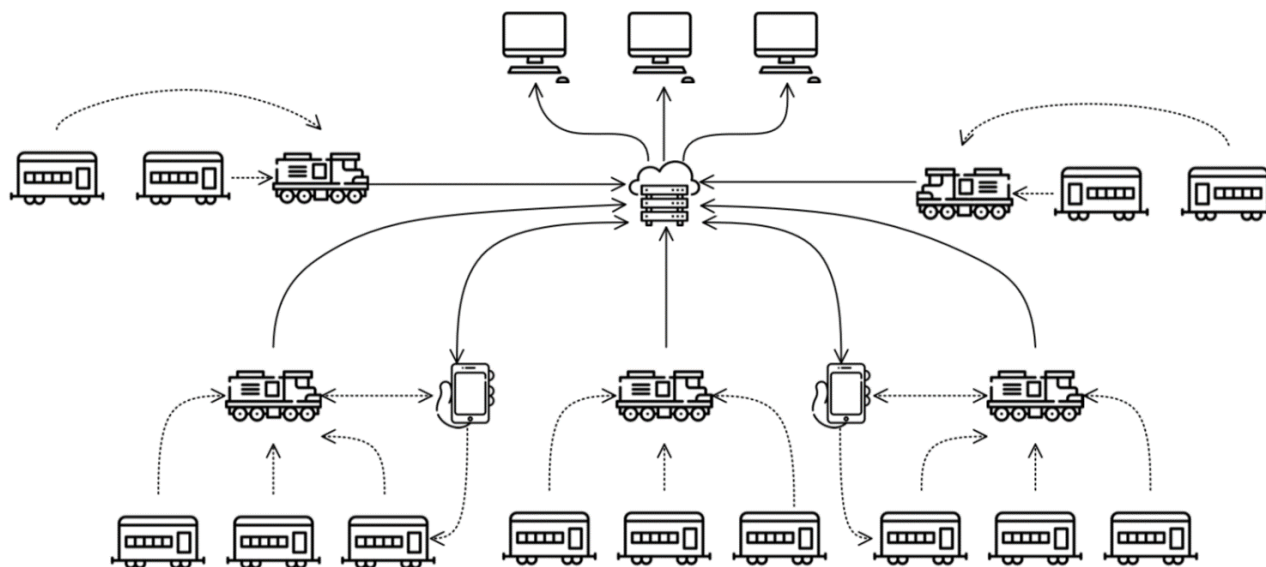


Рис. 1. Упрощенная схема системы

Решением служит автоматизированная система контрольно-измерительных датчиков, состоящая из: центрального блока, устанавливающегося на вагонном составе, базовой станции, устанавливающейся на локомотив, набора необходимых измерительных датчиков в центральном блоке. Центральный блок принимает поступающие сигналы датчиков и переводит их в вид, готовому к отправке на базовую станцию. Базовая станция выступает в роли посредника по передаче всех собранных данных с центральных блоков на сервер. Схема предметной области представлена на рисунке 2.

Данные, собранные на центральном сервере, могут быть представлены пользователю в удобном для просмотра виде, с помощью клиентского приложения, как на персональном компьютере, так и на смартфоне. Клиентская часть смартфона позволяет иметь прямое подключение к центральному блоку и базовой станции с целью их отладки и настройки, просмотра данных без предварительной передачи на сервер.

Внутри замкнутой системы локомотива и вагонов объекты передают данные без прямого доступа к сети интернет, осуществляется весь сбор данных по локальной сети для установленной базовой станции. Базовая станция по протоколу HTTP с помощью сетей GSM выгружает данные на центральный сервер.

Таким образом, разработанная система решает выбранные задачи. Помимо индивидуальной настройки центральных блоков и базовой станции, центральный блок, содержащий в себе контроллер для обработки данных датчиков, может быть расширен любыми измерительными датчиками, актуальными для системы и предметная область может быть переформирована в другой вид, заменив локомотив и вагон, за счет чего достигается мобильность комплекса.



Рис. 2. Схема предметной области системы

Список литературы

1. Осадчий Г. В., Лыков, А. А. Система диагностики и удаленного мониторинга состояния железнодорожного пути. Системы поддержки принятия решений. Открытое образование. 2011.
2. Бурченко В. В. Автоматизированные системы контроля подвижного состава: учеб. пособие ; М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2020. – 226с.

СЕКЦИЯ 3

Искусственный интеллект. Виртуальная и дополненная реальность на транспорте

УДК 004.8

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ СТОИМОСТИ ЖИЛЬЯ

Булгаков А.С., Сопченко Е.В.

Самара, Самарский национальный исследовательский университет

Аннотация. В рассматриваемой статье было дано определение недвижимости и искусственной нейронной сети. Была выбрана структура нейронной сети и выбрана функция активации для разрабатываемой системы. Проведен поиск и сравнение с системами аналогами и построена сравнительная таблица программных продуктов на основе чего был сделан вывод о необходимости и актуальности.

Ключевые слова: автоматизированная система, стоимость жилья, прогнозирование

DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED SYSTEM FOR FORECASTING CHANGES IN THE COST OF HOUSING

Bulgakov A.S., Sopchenko E.V.

Samara, Samara National Research University

Abstract. In the article in question, a definition of real estate and an artificial neural network was given. The structure of the neural network was chosen and the activation function for the system being developed was chosen. A search and comparison with analogue systems was carried out and a comparative table of software products was built on the basis of which a conclusion was made about the need and relevance.

Keywords: Automated system, housing cost, forecasting

Индустрия недвижимости — динамичный бизнес, влияющий на каждый сектор жизни. По определению, отрасль включает все аспекты владения землей и зданиями. Качество застроенной среды влияет на качество повседневной жизни.

Учитывая высокую стоимость жилой собственности (напрямую зависящей от параметров собственности: высота здания, число секций, этажность и др.) и высокую плотность застройки, объем капитала, вложенного в недвижимость, очень велик. Сбор необходимого капитала от инвесторов и его использование для финансирования жилой и коммерческой недвижимости является важной функцией финансовой системы страны. Именно поэтому разработка автоматизированной системы прогнозирования стоимости жилья, анализирующая основные вышеперечисленные факторы, является актуальной и своевременной.

Искусственная нейронная сеть (ИНС) (англ. Artificial neural network (ANN)) — упрощенная модель биологической нейронной сети, представляющая собой совокупность искусственных нейронов, взаимодействующих между собой [1].

Во время разработки системы выбор структуры сети для решения задачи прогнозирования изменения стоимости жилья проводился среди следующих сетей:

- а) многослойный персептрон;
- б) радиально-базисные сети;
- в) обобщенно-регрессионные сети;
- г) сети Вольтерри;

д) сети Эльмана [2].

Среди вышеперечисленных видов сетей была выделена радиально-базисная нейронная сеть.

Применение радиально-базисных сетей для решения задачи прогнозирования позволяет воспользоваться преимуществами такого вида сетей, а именно:

- а) простотой построения сети;
- б) отсутствием необходимости определения оптимального количества скрытых слоев сети.

Радиально-базисные сети имеют двухслойную структуру. Нелинейное преобразование входных сигналов происходит в пределах скрытого слоя нейронов, имеющих радиальные функции активации. Важной особенностью радиальных функций является то, что они принимают ненулевое значение только вблизи некоторой центральной точки [3]. В качестве такой радиальной функции является функция Гаусса, которая имеет следующее аналитическое представление:

$$\varphi(x) = \exp\left(-\frac{\|x - c_j\|^2}{2\sigma_j^2}\right),$$

где x – входные векторы;

c_j – центры;

σ_j – радиусы, определяющие величину области, в которой значение функции будет отличным от нуля.

В случае использования функции Гаусса в качестве функции активации нейронов скрытого слоя, центры c и радиусы σ уточняются в процессе обучения нейронной сети.

Выходной слой сети состоит из единственного суммирующего нейрона.

Обобщенная структура радиально-базисной сети представлена на рис. 1, где значения x_i представляют входной вектор, функции $\varphi_i(x)$ являются радиальными функциями активации нейронов скрытого слоя, функция $f(x)$ представляет собой функцию суммирования.

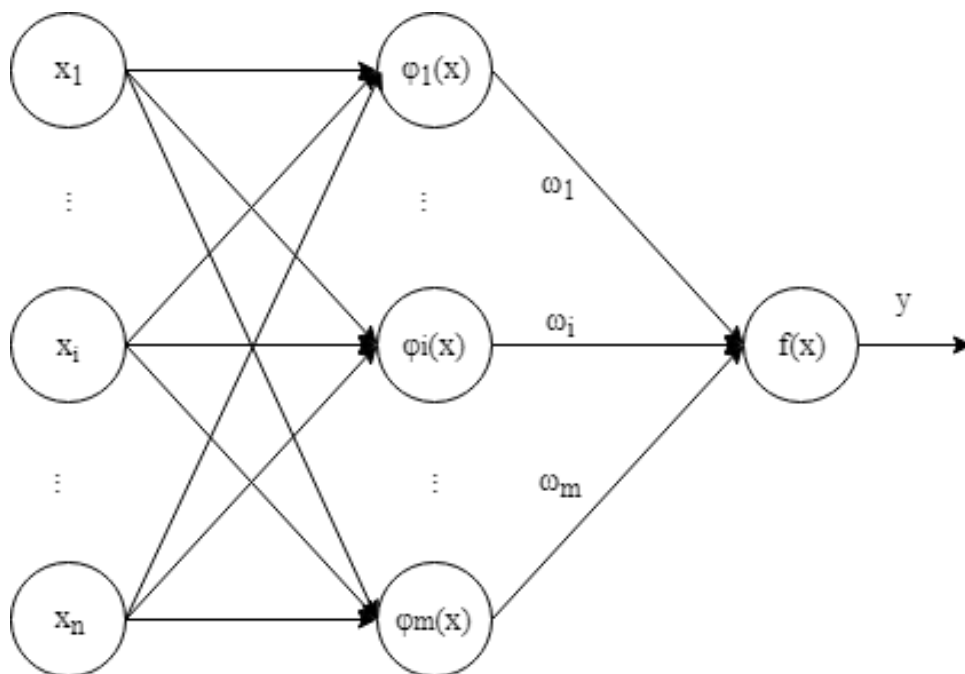


Рис. 1. Обобщенная структура радиально-базисной нейронной сети

Для сравнения разрабатываемой системы с аналогами была построена таблица характеристик программных продуктов прогнозирования на основе исходных данных (Таблица 1).

Сравнительный анализ программных продуктов прогнозирования на основе исходных данных

Характеристика/Пакет	NeuralWorks Predict	NeuroPro	NeuroShell Predictor	Проектируемая система
Наличие в пакете радиально-базисной сети	Есть	Нет	Нет	Есть
Цена	От \$ 2995	Бесплатно	От \$ 595	Бесплатно
Сложности работы	Позволяет работать с программой даже новичкам	Требуется наличие начальных знаний о принципах работы и построения нейронных сетей	Для комфортной работы требуется опыт работы в данной программе	Позволяет работать людям без специальных знаний и обучения
Наличие справочной информации	Присутствует на английском языке	Присутствует на русском языке	Присутствует электронный учебник на русском языке	Присутствует
Язык интерфейса	Английский	Русский	Частично русифицированный	Русский
Задание исходных данных	Загрузка данных из файлов MS Excel	Загрузка данных из файлов MS Excel	Загрузка данных из файлов Omega в виде текстовых или бинарных данных	Загрузка данных из файлов MS Excel

Разработанная система реализована в виде кроссплатформенного приложения на основе радиально-базисной нейронной сети. Исходные данные принимаются в виде файлов формата MS Excel. Нейронные сети загружаются и сохраняются в виде файлов, имеющих байтовую организацию. Диаграмма вариантов использования системы представлена на рис. 2.

Данная система предоставляет пользователю следующие возможности:

- а) просмотреть руководство пользователя;
- б) загрузить нейронную сеть из файла;
- в) создать новую сеть, задав параметры;
- г) обучить загруженную в систему сеть на загруженных данных;
- д) протестировать загруженную в систему сеть на загруженных данных;
- е) получить прогноз по загруженным данным;
- ж) сохранить загруженную сеть в файл.

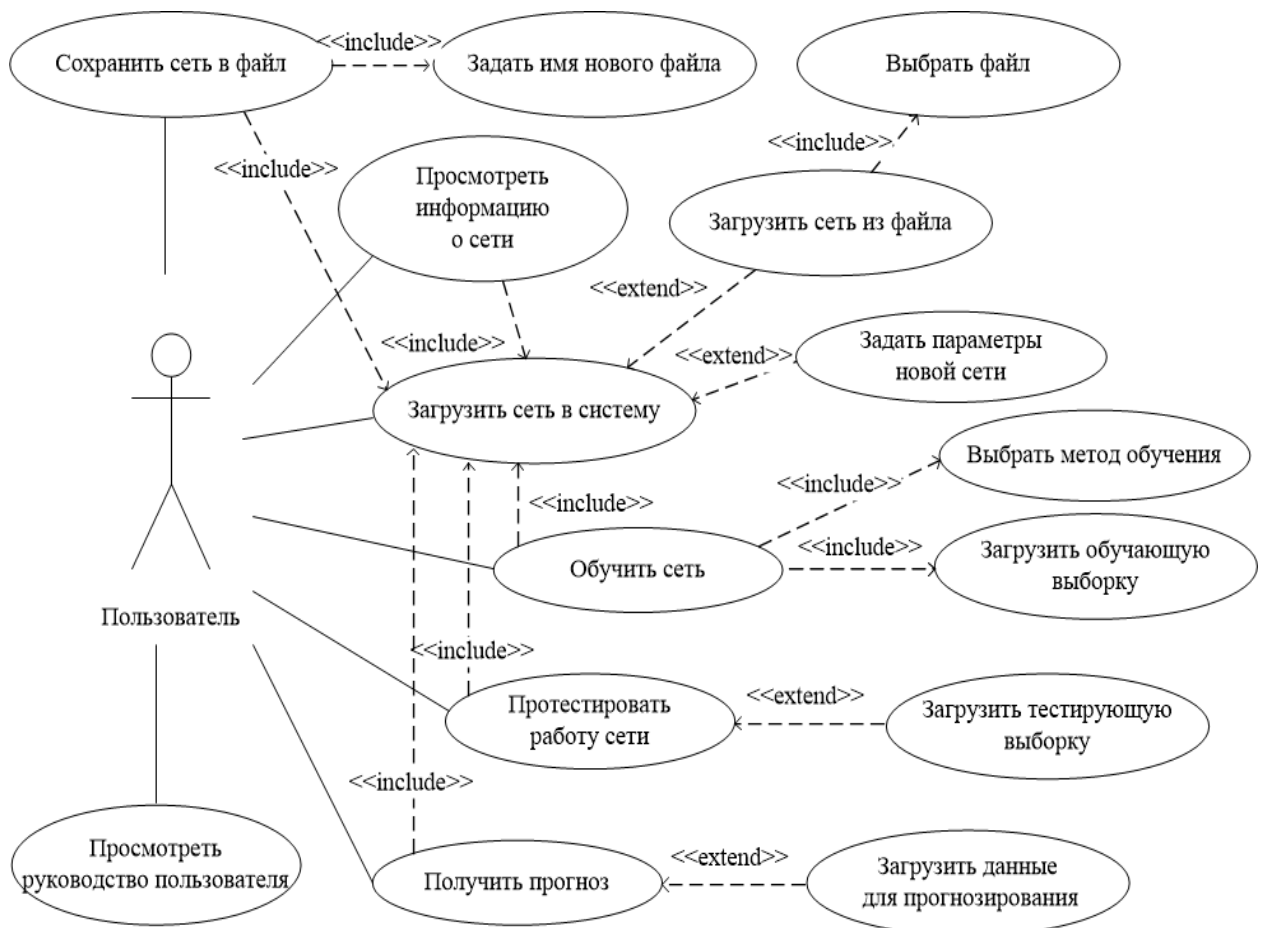


Рис. 2. Диаграмма вариантов использования системы

Таким образом разработанная система, в отличие от имеющихся, превосходит их по следующим показателям: наличие радиально-базисной нейронной сети, цена, простота в работе, наличие справочной информации, язык интерфейса, задание исходных данных, что еще раз подчеркивает актуальность и необходимость ее разработки.

Список литературы

1. Предметная область [Электронный ресурс]. URL: https://neerc.ifmo.ru/wiki/index.php?title=Нейронные_сети,_перцептрон (дата обращения: 18.01.2022).
2. Солдатова, О.П. Применение нейронных сетей для решения задач прогнозирования [Текст]/ О.П. Солдатова, В.В. Семенов // Исследовано в России: электрон, журн. - 136/060201. - С. 1269-1276. - Режим доступа к журн.: <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2006/136.pdf>.
3. Солдатова, О.П. Нейроинформатика: Учебное пособие [Текст] / О.П. Солдатова. - Самара, 2013. - 130 с.

**КЛАССИФИКАТОР ДЛЯ ПОИСКА ЗАВИСИМОСТЕЙ ЗОНАЛЬНОСТИ
ОТ РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕСТИРОВАНИЯ СОТРУДНИКОВ
НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ**

Морозова Е.В., Додонов М.В.

Самара, Самарский национальный исследовательский университет

Аннотация. Статья посвящена разработке классификатора для поиска зависимостей зональности от результатов тестирования сотрудников на железнодорожном транспорте. Классификатор помогает определить вопросы, которые волнуют сотрудников, чтобы в дальнейшем обеспечить им комфортные условия на рабочем месте.

Ключевые слова: классификатор, зональность, тестирование сотрудников, железнодорожный транспорт

**CLASSIFIER FOR FINDING THE DEPENDENCIES OF ZONALITY
ON THE RESULTS OF TESTING EMPLOYEES ON RAILWAY TRANSPORT**

Morozova E.V., Dodonov M.V.

Samara, Samara National Research University

Abstract. The article is devoted to the development of a classifier to search for zoning dependencies on the results of testing employees on railway transport. The classifier helps to identify issues that concern employees in order to provide them with comfortable conditions in the workplace in the future.

Key words: classifier, zoning, employee testing, railway transport

Для изучения индивидуальных качеств сотрудников используется ряд психологических методов, которые выполняются психологами с помощью специальных упражнений, тестов, задач и диагностик. С помощью методов происходит ключевая оценка типа личности сотрудника и прогнозируется его поведение на рабочем месте в будущем. Психологическая диагностика дает возможность получить необходимые материалы, характеризующие любого, кто был протестирован. В психологических портретах кандидатов, полученных в ходе оценки, описываются индивидуальные черты личности, особенности мотивации, структуру самооценки, интеллектуальный уровень, способность к обучению, профессиональная сфера, в которой наиболее вероятно высокая эффективность у кандидата, особенности поведения в группе в различных ситуациях, прогноз развития личности и многое другое [1].

Основной задачей психологических методов оценки персонала является получение информации о скрытых характеристиках сотрудника, которые оказывают влияние на его действия в организации. Зачастую данные характеристики сложно наблюдать однозначно, так как они включают особенности самооценки, высоту интеллекта и уровень стрессоустойчивости [2].

Социально-психологическая оценка персонала накапливает коллективный опыт и формируется важной для сотрудника группой коллег. Обычно эта оценка дается в соответствии с профессионально вспомогательным видом деятельности. То есть ее критериями являются не профессиональные качества сотрудника, а личностные характеристики, которые оцениваются субъективно [2].

Цель работы – разработать классификатор для поиска зависимостей зональностей от результатов тестирования сотрудников на железнодорожном транспорте.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи: найти зависимость зональности от результатов тестирования диагностики адаптации сотрудников (для первого набора данных) и найти зависимость зональности от результатов тестирования диагностики эмоционального выгорания сотрудников (для второго набора данных).

Для решения задач необходимо решить задачу классификации. Задача классификации – формализованная задача, в которой есть множество объектов X (ситуаций), которые делятся, некоторым образом, на классы Y . Между объектами и классами есть неизвестная заранее зависимость $y: X \rightarrow Y$. Конечное множество объектов $X_n = \{x_i, y_i\}$, $y_i = y(x_i)$, $i = 1 \dots n$, для которых известно их соответствие к определенным классам, называется выборкой. Принадлежность остальных объектов к конкретным классам неизвестна. Нужно построить алгоритм $a: X \rightarrow Y$, который сможет отнести некий произвольный объект $x \in X$ из первоначального множества к одному из заданных классов [3].

В математической статистике задачи классификации называются также задачами дискриминантного анализа. В машинном обучении задача классификации решается с помощью методов искусственных нейронных сетей, если постановка эксперимента представлена в виде обучения [3].

Классификатор – это некая кривая или поверхность в пространстве, относительно положения которой можно сделать вывод о принадлежности произвольного объекта $x \in X$ к конкретному классу. В данной работе используется линейный классификатор и задача машинного обучения [3].

Часто используемой архитектурой нейронных сетей для классификации являются сети прямого распространения, на входные нейроны которых подаются значения признаков классифицируемого объекта, а на выходе формируется метка или числовой код класса. Обычно используются многослойные персептроны. В таких сетях элементы вектора признаков поступают на входные нейроны и распределяются на все нейроны первого скрытого слоя сети, и в результате размерность задачи изменяется. Таким образом, последующие слои разделяют объекты на классы в пространстве признаков более высокой размерности, чем исходное [4].

Построение классификатора на основе нейронной сети содержит ряд шагов [4]:

1. Подготовка данных:
 - Собрать базу данных из примеров, которые подходят для выбранной задачи;
 - Разделить весь набор данных на два множества: обучающее и тестовое;
2. Предобработка данных:
 - Сделать отбор признаков, которые значимы для задачи классификации;
 - Выполнить трансформацию и при необходимости очистку данных;
 - Выбрать систему кодирования выходных значений;
3. Конструирование, обучение и оценка качества сети:
 - Выбрать топологию сети: количество слоев, число нейронов в слоях и т.д.;
 - Выбрать активационную функцию нейронов;
 - Выбрать алгоритм обучения сети;
4. Использование и диагностика:
 - Выяснить уровень влияния разных факторов на решение;
 - Убедиться, что сеть обеспечивает необходимую точность;
 - Использовать сеть для решения задачи.

Для того, чтобы построить эффективно работающий классификатор, необходимо иметь качественные исходные данные.

Для обучения использовался набор данных, полученный от железнодорожной организации при проведении тестирования диагностики адаптации сотрудников и эмоционального выгорания сотрудников. В таблице 1 представлено описание входных параметров для первого набора данных.

В таблице 2 представлено описание входных параметров для второго набора данных.

Была проведена предварительная обработка данных:

1. кодирование текстовых признаков числовыми значениями;
2. отбор значимых признаков;
3. нормализация данных.

Таблица 1

Описание входных параметров для первого набора данных

Параметр	Описание
1	Адаптация к работе
2	Удовлетворенность содержанием деятельности
3	Эмоциональное спокойствие
4	Организация условий труда
5	Удовлетворенность собой и своими показателями
6	Понимаю, что влияет на мои коэффициенты полезной эффективности
7	Управление эмоциями в экстренных ситуациях
8	Могу повлиять на размер заработной платы
9	Отношения с руководителем
10	Отношения с коллегами
11	Содержание технических устройств отвечает моим потребностям
12	Инструменты действий в экстренных ситуациях
13	Сегмент (стаж сотрудника)
14	Площадка (город, в котором находится сотрудник)
y	Зональность (условное обозначение уровня состояния сотрудника по результатам прохождения диагностики)

Таблица 2

Описание входных параметров для первого набора данных

Параметр	Описание
1	Эмоциональное истощение
2	Деперсонализация
3	Редукция личностных достижений
4	Сегмент (стаж сотрудника)
5	Площадка (город, в котором находится сотрудник)
y	Зональность (условное обозначение уровня состояния сотрудника по результатам прохождения диагностики)

Далее были кодированы признаки сегмента, площадки и зональности. Также до обучения модели были исключены признаки, однозначно не влияющие на результат поиска зависимостей, такие как: табельный номер и архив.

При построении матриц корреляций признаков для выявления менее значимых признаков в обоих случаях такими признаками являются: сегмент и площадка. Поэтому исключим их из наборов данных.

Для нормализации был использован метод MinMaxScaler из библиотеки Scikit learn.

Оба набора данных разделены на тренировочные и тестовые выборки. 20% объема данных отобрано для тестового набора.

В качестве алгоритма обучения был выбран многослойный персептрон.

На рисунке 1 показан двухслойный персептрон.

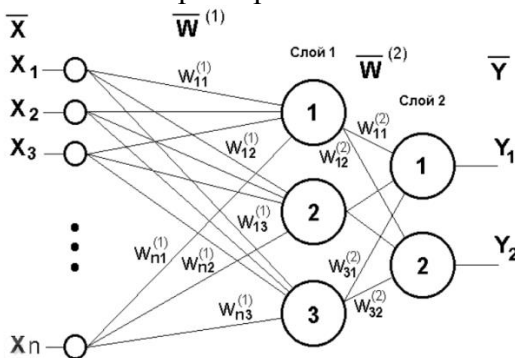


Рис. 1. Двухслойный персептрон

Многослойный перцептрон (MLP) представляет собой нейронную сеть прямого распространения сигнала (без обратной связи). Входной сигнал преобразуется в выходной, проходя последовательно через несколько слоев.

Первый из слоев называется входным, последний - выходным. Эти слои содержат так называемые дегенеративные нейроны, и иногда количество слоев не учитывается. В дополнение к входному и выходному слоям имеется один или несколько промежуточных слоев, которые называются скрытыми.

В данном перцептроне должен быть хотя бы один скрытый слой. Наличие нескольких таких слоев будет необходимо в случае использования нелинейных функций активации [5].

Для обучения на полученных наборах данных выбраны параметры, такие как: количество скрытых слоев – 2 (первый слой 30 нейронов, второй – 20), количество итераций – 100, функция активации – ReLu.

В данной работе были проведены вычислительные эксперименты по определению зависимости зональности от полученных данных тестирования сотрудников при диагностиках адаптации и эмоционального выгорания.

На рисунках 2 и 3 соответственно представлены матрицы ошибок для тренировочных выборок двух наборов данных, полученные при обучении описанной выше модели – многослойного перцептрона.



Рис. 2. Матрица ошибок для первого набора данных

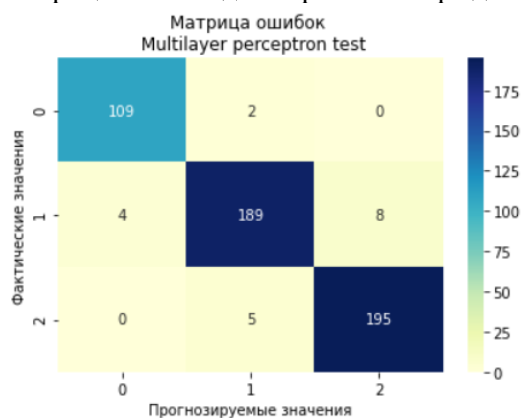


Рис. 3. Матрица ошибок для второго набора данных

Можем наблюдать, что модель в большинстве случаев корректно определяет зональность для обоих наборов данных.

Таким образом, был разработан классификатор для поиска зависимостей зональностей от результатов тестирования сотрудников. Все поставленные задачи были выполнены. Работоспособность программы была проверена на тестовой выборке, в результате чего был сделан вывод о том, что определение зависимости зональности от результатов диагностик корректно. В результате вычислительных экспериментов точность (ассигасу) обученной модели достигла для первого набора данных 0,97, для второго – 0,96.

Список литературы

1. Психологическая оценка персонала [Электронный ресурс] // Studbooks.net: [сайт]. URL: https://studbooks.net/1445485/menedzhment/psihologicheskaya_otsenka_personala (дата обращения: 20.12.2021).
2. Психологические аспекты оценки персонала [Электронный ресурс] // hr-director.ru: [сайт]. URL: <https://www.hr-director.ru/article/66329-qqq-16-m10-psihologicheskaya-otsenka-personala> (дата обращения: 20.12.2021).
3. Процедура машинного обучения в задаче [Электронный ресурс] // cyberleninka.ru: [сайт]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/protsedura-mashinnogo-obucheniya-v-zadache-morfologicheskoy-razmetki-teksta-i-opredeleniya-chastey-rechi-v-flektivnyh-yazykah> (дата обращения: 08.01.2022).
4. Классификация данных при помощи нейронных сетей [Электронный ресурс] // loginom.ru: [сайт]. URL: <https://loginom.ru/blog/neural-classification> (дата обращения: 10.01.2022).
5. Методы классификации и прогнозирования [Электронный ресурс] // intuit.ru: [сайт]. URL: <https://intuit.ru/studies/courses/6/6/lecture/178?page=5> (дата обращения: 15.01.2022).

УДК 004.946

ПРИМЕНЕНИЕ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ В ТЕХНИЧЕСКОЙ УЧЕБЕ ОАО «РЖД» Печорин А.С., Авсиевич В.В., Сулевич Н.О.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. В данной статье рассматриваются основные достоинства и недостатки комплексов виртуальной реальности, в рамках компании ОАО «РЖД». А также эффекты, получаемые после внедрения подобных комплексов в методики проведения технической учебы.

Ключевые слова: VR, Виртуальная реальность, техническая учеба, обучение.

THE USE OF VIRTUAL REALITY IN TECHNICAL STUDIES OF JSC «RZD»

Pechorin A.S., Avsievich V.V., Sulevich N.O.

Samara, Samara State Transport University

Annotation. This article discusses the main advantages and disadvantages of virtual reality complexes within the framework of JSC "Russian Railways". As well as the effects obtained after the introduction of such complexes in the methods of conducting technical studies.

Keywords: VR, Virtual reality, technical studies, training.

Основной задачей технической учебы на железнодорожном транспорте является поддержание и улучшение технических и теоретических знаний персонала. Также сюда можно и отнести контроль качества как уже имеющихся, так и новоприобретенных знаний. Основой такой учебы зачастую служат семинары, лекции, консультации и практические занятия, а также разнообразные системы контроля знаний. Каждый год, центр фирменного технического обслуживания разрабатывает темы, подлежащие обязательному изучению в рамках технической учебы для территориальных центров фирменного технического обслуживания, которые в свою очередь, создают тематические учебные планы, и контролируют оснащенность кабинетов, наличие специального оборудования и учебных пособий, и непосредственно проводят

техническую учебу. Текущие методики подготовки в рамках учебы постепенно совершенствуются, чтобы соответствовать современным стандартам обучения и нынешним мировым реалиям, ведь техническая учеба является важным аспектом для компании ОАО «РЖД». И правда, роль технической учебы невозможно переоценить, так как от качества знаний персонала зависят многие параметры, такие как: безопасность на железной дороге, пассажирооборот, техническое состояние верхних и нижних участков строений пути. Чем качественнее и доступнее проведены мероприятия, связанные с повышением качества знаний, тем выше общие показатели компании ОАО «РЖД». Именно в этом могут помочь технологии виртуальной реальности.

По данным исследований журнала PwC за 2020 год рынок виртуальной реальности вырос в среднем на 30% по сравнению с прошлым годом, что сделало его одним из самых быстрорастущих медиа - сегментов. Эти тенденции сохраняются до сих пор, в связи с чем, виртуальная реальность продолжает распространяться на всевозможные сферы жизни человека, от несерьезных игр и развлечений, до обучения и проведения конференций. Возможности, открываемые при помощи виртуальной реальности огромны, и их использование может принести огромную пользу для технической учебы.

На данный момент, технологии виртуальной реальности не получили широкого распространения в технической учебе ОАО «РЖД». При внедрении подобных технологий в процессы учебы, можно серьезно повысить показатели качества предоставляемых знаний. Подобные системы обладают очень высокой наглядностью, с помощью VR оборудования можно без труда показывать скрытые процессы, операции, которые невозможно показать в реальности из-за высокой опасности, или большой стоимости. Так же виртуальная реальность является безопасной средой для выполнения любых операций, проводимых на железной дороге, так как человек находится в помещении вдали от реальных опасностей. Но одним из главных преимуществ виртуальной реальности является ее эффективность, по сравнению с классическими методиками обучения, так как сильно увеличиваются параметры вовлеченности и сосредоточенности на обучении.

Виртуальная реальность — это очень гибкий и податливый инструмент не только для предоставления знаний, но и для их контроля. На данном этапе развития технологии уже возможно создавать комплексы для обучения, и последующего контроля качества знаний. Симулятор можно разделить на несколько режимов: обучение, где пользователь проводит работы следуя подсказкам системы, знакомится со скрытыми процессами и спецификой данного типа работ, и экзаменационный режим, где пользователю предлагается пройти сценарий полностью самостоятельно, без каких-либо подсказок. В случае, если пользователь совершает ошибку в режиме экзамена, ему выставляются штрафные баллы, и при наборе критического количества штрафных баллов, экзамен завершается досрочно. Симуляторы с подобным внутренним устройством можно использовать совместно с базами данных и специально разработанными средствами учета успеваемости, для получения еще большей эффективности, что является важной особенностью в подобных решениях. Возможность хранить данные обо всех пройденных сессиях открывает огромные возможности. На основе результатов анализа данных из системы, мы можем оценить, насколько качественно человек усвоил пройденный материал, и его готовность к работе в реальных условиях.

Быстрая и эффективная оценка знаний, компьютером позволит сильно упростить процесс принятия экзаменационных работ. При этом выставленная оценка будет объективной, так как с машиной невозможно договориться, что исключает возможность взяточничества и кумовства при прохождении учебы. Использование комплексов симуляторов в виртуальной реальности в связке с практическими и теоретическими занятиями сможет дать наибольшую эффективность, так как полученные теоретические знания будут сразу же применяться на практике.

Конечно же, виртуальная реальность имеет и свои недостатки. Одним из главных является высокая стоимость разработки комплексов, и само оборудование, с помощью которого проводится обучение. Так же, недостатком является доступность данной технологии для более взрослых сотрудников, освоение управления и взаимодействия с комплексом могут вызвать

затруднения в процессе обучения. Еще одним недостатком подобных систем является укачивание. Далеко не каждый человек может с первого раза приспособиться к виртуальной реальности.

В свою очередь, проблема комплексов виртуальной реальности заключается в отсутствии единой системы управления, контроля, и сбора данных. Таким образом, при использовании комплексов от разных компаний, у оператора будет разный набор инструкций, и сценариев использования, что может усложнить эксплуатацию комплексов.

Но даже при наличии всех этих недостатков, виртуальная реальность - перспективная технология, которая уже сейчас готова к применению в сфере обучения, и в частности, для проведения технической учебы в рамках компании ОАО "РЖД". Эффекты, приносимые ее внедрением в методики проведения технической учебы покрывают недостатки, а стандартизация и совместное сотрудничество при разработке комплексов позволят сократить дальнейшие трудности в эксплуатации.

Список литературы

1. Ivaschenko, A. AR Guides Implementation for Industrial Production and Manufacturing / A. Ivaschenko, V. Avsievich, P. Sitnikov // Lecture Notes in Electrical Engineering. – 2020. – Vol. 641 LNEE. – P. 715-723. – DOI 10.1007/978-3-030-39225-3_78.

УДК 004.946

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОСЕТЕЙ ДЛЯ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОМОНТЕРОВ

Сулевич Н.О., Авсиевич В.В., Язданова Л.Р., Печорин А.С.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. В статье рассматривается идея совмещения дополненной реальности и нейросетей для повышения безопасности труда электромонтеров. Так же, рассматривается алгоритм работы подобного комплекса.

Ключевые слова: нейронные сети, дополненная реальность, безопасность, электричество.

USING NEURAL NETWORKS FOR AUGMENTED REALITY FOR ELECTRICIANS

Sulevich N.O., Avsievich V.V., Ryazanova L.R., Pechorin A.S.

Samara, Samara State Transport University

Abstract. The article discusses the idea of combining augmented reality and neural networks to improve the safety of electricians. Also, the algorithm of operation of such a complex is considered.

Keywords: Neural networks, augmented reality, security, electricity.

Безопасность на железнодорожном транспорте - одно из самых острых и важных направлений на сегодняшний день. Каждый день, из-за специфики своей работы, опасности подвергаются тысячи людей. И электромонтеры не исключение. Их профессия связана с высоким риском, и любое неосторожное движение может привести к аварийной ситуации или летальному исходу. Поэтому, особенно важно применять последние достижения науки для повышения безопасности и условий труда представителей данной профессии. Средства защиты или устройства, помогающие в проведении работ необходимо совершенствовать, или изобретать концептуально новые устройства и подходы к данной проблеме.

Одной из таких методик, может послужить комбинация, из последних достижений науки и техники. Дополненной реальности, и нейросетей. Дополненная реальность - молодое, и очень перспективное направление. Крупнейшие мировые компании вкладывают невероятные средства в развитие данной технологии, ведь она открывает горизонт новых возможностей. Дополненная реальность — это кардинально новый способ отображения информации и взаимодействия с ней. Вся необходимая информация всегда может быть прямо перед пользователем, вне зависимости от того, заняты ли его руки. Хотя это и молодая технология, она уже смогла найти применение в большом количестве направлений, таких как: игры, туризм, обучение, дизайн, и многих других. Нейросеть в свою очередь — это модель обработки информации, работающая аналогично биологическим нервным системам в мозгу человека. Базисным элементом такой модели служит так называемый нейрон. Нейроны обрабатывают информацию, и связываются в сети, для согласованной работы над решением задачи. Главной же особенностью нейросетей является их способность к обучению. Настроив нейросеть для работы в определенной области, таких как определение изображений или обработка данных, и запустив процесс обучения, нейросеть будет снова и снова выполнять свой алгоритм, пока не достигнет удовлетворительного результата. Простор для применения нейросетей огромен. Аналитика данных, передача рутинных процессов, распознавание лиц и изображений, все это возможно при использовании нейросетей, но на этом ее достоинства и область применения не заканчиваются.

Объединение данных технологий способствует не только удобству работы, но и безопасности при работе. Дополненная реальность в этой связке выполняет роль модуля визуализации. На очки дополненной реальности мы можем выводить любую информацию. От электрических схем и инструкций, до чек-листов и состояния сети в реальном времени. Такой метод вывода информации не требует участия рук, и не отвлекает от рабочего процесса. А вся необходимая информация находится прямо перед глазами. Нейросети же выступают в роли модуля анализа данных. Изображение, поступающее с камеры очков, обрабатывается нейросетью, и в зависимости от алгоритма и специфики выполняемых работ, нейросеть возвращает нам необходимые для работы и визуализации данные.

На основе данной идеи, была разработана нейросеть, и приложение для очков дополненной реальности. Основной задачей нейросети является определение положения выключателей в электрическом щитке, а очки дополненной реальности в свою очередь отображают алгоритм действий, необходимый для безопасного выполнения работ. Разработанный алгоритм работает следующим образом. На тумблеры электрического щитка располагают цветные прямоугольные метки, зеленые обозначают, что тумблер выключен, красные, что включен. Рядом с электрическим щитком располагается QR-код в печатном виде. Запуская приложение на очках дополненной реальности, в первую очередь необходимо подойти к электрощитку, и отсканировать QR-код. Делается это в автоматическом режиме, необходимо просто зафиксировать взгляд на изображении. QR-код предназначен для того, чтобы, система понимала, с какой схемой сейчас будет происходить работа. Проведя поиск по базе, и сопоставив отсканированный код коду в базе данных, система отрисовывает соответствующую общую схему на экран очков. Затем свою работу начинает и нейронная сеть. После того, как вы открыли щиток, достаточно посмотреть в него, чтобы нейросеть определила положение выключателей. Затем, определив все положения, нейросеть возвращает схему, соответствующую положениям выключателей. Так же, в режиме реального времени, нейросеть периодически вновь проводит анализ изображения, чтобы определить, изменились ли положения тумблеров, и изменить отображаемое изображение.

Эта система сильно повысит удобство в работе электромонтеров. Помимо этого, повысит безопасность, так как он не отвлекается от работы. В дополнение ко всему этому, данная система позволит отслеживать действия, произведенные специалистом. Так же, система может сигнализировать о не правильных переключениях, что серьезно повысит параметры безопасности, при проведении работ. Это очень важный момент, ведь при неправильных действиях создаются аварийно-опасные ситуации, которые могут принести серьезный ущерб. Одним из

достоинств данной системы является возможность вести запись процесса от лица электромонтера, и вести учет действий, которые совершает монтер при проведении работ. Это сильно поможет при выяснении причин аварийных ситуаций, ведь все данные обо всех работах хранятся на сервере.

Конечно, в данной системе присутствуют и свои нюансы. Первым, и самым критичным для системы может стать стоимость оборудования. Очки, которые смогут отображать информацию, и обрабатывать ее при помощи нейросети стоят достаточно дорого, поэтому, массовое внедрение технологии будет дорогим. Другим же нюансом является высокий порог входа, для людей старшего возраста. Простой интерфейс, создаст дружественную среду, но не сможет обеспечить полностью безболезненный переход к этой технологии.

Таким образом, связка из дополненной реальности и нейросетей сможет дать реальную пользу при работе не только для электромонтеров, но и для сотрудников любых других сфер деятельности на железной дороге. Польза, которую принесет подобный дуэт, намного превышает ее любые недостатки.

Список литературы

1. Егорова, И. В. О тенденциях развития технологий дополненной реальности / И. В. Егорова // Современные тенденции развития науки и производства: Сборник материалов VII Международной научно-практической конференции, Кемерово, 05 декабря 2017 года. – Кемерово: Общество с ограниченной ответственностью "Западно-Сибирский научный центр", 2017. – С. 135-136.
2. Петров, О. П. Производственный травматизм на предприятиях энергетики / О. П. Петров. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2020. — № 16 (306). — С. 158-160.
3. Chitra Lele " Artificial Intelligence Meets Augmented Reality: Redefining Regular Reality ", 2019. – С. 23-38.

УДК 004.93

ОБЗОР НЕЙРОСЕТЕЙ ДЛЯ РЕКОНСТРУКЦИИ 3D МОДЕЛЕЙ ИЗ 2D ИЗОБРАЖЕНИЙ

Язданова Л.Р., Колягин И.К., Авсиевич В.В., Сулевич Н.О.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. Для усиления контроля за досмотром багажа на транспорте авторами были проанализированы современные методы анализа содержимого багажа и предложено решение: создать программное обеспечение, работающее одновременно с сотрудниками служб безопасности и дополняющее процедуру досмотра багажа. Отдельно была рассмотрена возможность восстановления 3D объектов из 2D изображений для большей точности работы программного обеспечения.

Ключевые слова: нейронная сеть, интроскоп, безопасность, рентген

OVERVIEW OF NEURAL NETWORKS FOR RECONSTRUCTION OF 3D-MODELS FROM 2D-IMAGES

Yazdanova L.R., Kolyagin I.K., Avsievich V.V., Selevich N.O.

Samara, Samara State Transport University

Annotation. To strengthen control over the inspection of baggage on transport, the authors analyzed modern methods for analyzing the contents of baggage and proposed a solution: to create software that works simultaneously

with security personnel and complements the baggage screening procedure. The possibility of recovering 3D objects from 2D images for greater accuracy of the software was considered separately.

Keywords: neural network, introscope, safety, X-ray

В современном мире очень остро стоит проблема предотвращения терактов, распространения наркотических веществ и нелегального ввоза и вывоза из страны различных контрабандных товаров. Для её решения применяются самые различные схемы, и среди них просвечивание багажа рентгеном играет одну из самых значительных ролей. Но это решение имеет ряд недостатков, а именно:

- человеку сложно интерпретировать объекты, опираясь лишь на их контуры;
- фильтр с псевдоокрашиванием, который используется в настоящий момент, затруднит для сотрудника опознание предмета, сделанного из нескольких разных материалов;
- нужный объект может быть экранирован другим объектом, что затрудняет визуальный контроль.

В качестве одного из решений можно представить нейросеть, обученную на поиск и обнаружение потенциально опасных и/или запрещённых предметов. Среди преимуществ нейросети, помимо прочего, можно выделить то, что в отличие от сотрудников служб безопасности, она с неослабевающим вниманием следит за тем, что происходит на экране, и может служить неплохим подспорьем и даже контролёром дежурных сотрудников. В данный момент нейросети используют только в качестве обучающего материала для работников служб безопасности, что явно выдаёт недооценивание возможностей нейросетей. В качестве примера можно привести то, что нейросети, имея явно неполное изображение предмета (например, загороженного другим предметом), могут достроить 3D-модель этого объекта. Это может пригодиться для составления объёмного макета чемодана или сумки, ведь зная, какой объём занимает тот или иной предмет, можно найти, например, скрытые пустоты или другие предметы. Это может существенно повысить качество проводимого досмотра и предотвратить огромное количество терактов и других антиобщественных деяний.

Исходя из выше сказанного, было принято решение исследовать существующий рынок готовых предложений. Для досмотра багажа основными инструментами в области компьютерного зрения и искусственного интеллекта являются: TARGET™ (автоматическое обнаружение опасных предметов. Система сама анализирует массу, размер и состав предметов и на основании этих данных автоматически идентифицирует потенциальную угрозу); TIR (проекция изображения опасного объекта. Этот режим используется для обучения и повышения квалификации сотрудников служб безопасности. Принцип его работы прост: на любую из проекций, отображаемых на экране оператора, автоматически накладывается изображение опасного предмета, которое он должен распознать) и DTA™ (предупреждение о повышенной плотности предметов. Сканирование опасных объектов часто затруднено из-за их непроницаемости для рентгеновских лучей. Чтобы выявить их, достаточно установить предельное значение плотности предмета, а при его превышении срабатывает сигнал тревоги, а объекты будут выделены пурпурным.). Предлагается дополнить эти инструменты системой построения 3D-объектов по имеющимся сканированным с интроскопа изображениям, чтобы усилить имеющийся контроль за досмотром багажа. В настоящий момент на рынке нет ни одной подобной готовой системы. Есть несколько многообещающих нейросетей, которые можно обучить опознавать псевдоокрашенные рентгеновские изображения и строить с них объёмные модели.

Задача распознавания объектов с двух видов делится на несколько подзадач:

1. Нахождение контуров объектов
2. Преобразование найденных контуров в 3D-объекты
3. Распознавание получившихся объектов

В связи с тем, что рентгеновский снимок не выдаёт точных контуров объектов, в задачи предлагаемой программы входит также уточнение контуров. Исходя из цвета объекта на изображении после псевдоокрашивания становится известным материал объекта, что впоследствии сильно облегчит задачу категоризации объекта.

Самым универсальным инструментом перевода одного или более изображений объекта в 3D-модель является Atlas [1]: работает на основе нескольких изображений, с которых считывает маски и классы объектов и затем соединяет эти данные в единую сцену. Абсолютно бесплатная, распространяется под лицензией Apache-2.0 License. Для решения нашей проблемы мало подходит, так как не отличается высокой точностью при составлении 3D-моделей.

Также есть Mesh R-CNN [7]: берёт изображение, распознаёт на нём маски объектов (не берёт фон) и с них строит модели. Так же бесплатная, под лицензией BSD. Для нас более подходящая, так как кроме построения модели, категоризирует объекты.

Существует ещё occupancy network [6] – сеть присутствия, которая показывает абсолютно невероятные результаты по восстановлению 3D-объекта по всего одному изображению. Правда, для неё придётся тщательно подготавливать входное изображение (правильно обрезать границы объекта и пр.), но качество выходящей модели того стоит. Распространяется под лицензией MIT.

Но, прежде чем строить модели, нужно распознать объекты.

С этой задачей неплохо справляется YOLO [3] (you only look once). Работает на принципе фиксированных рамок, а не бегающего квадрата. Очень быстрая и довольно точная, но не определяет точные границы распознанных объектов.

Также есть Detection Transformer (DETR) [4] – метод обнаружения объектов, рассматривающий эту задачу как прямую задачу прогнозирования. Хорошо подходит для паноптического сегментирования.

Есть FCOS (Fully Convolutional One-Stage Object Detection) [5] – полносвёрточное одноэтапное обнаружение объектов. За счет исключения предопределенного набора фиксированных рамок FCOS позволяет избежать вычислений, связанных с ними, таких как вычисление перекрытия во время обучения. Только с помощью постобработки немаксимальным подавлением (NMS), она демонстрирует гораздо более простую и гибкую структуру обнаружения, обеспечивающую повышенную точность обнаружения.

Mask R-CNN [2] – расширенный вариант Faster R-CNN, предназначенный для улучшения решения проблемы сегментации изображения. В отличие от предыдущей версии, разделяет предсказание маски и класса объекта: они определяются независимо друг от друга.

При решении этой задачи возникает ряд нетривиальных проблем. Но, тем не менее, решение несколько упрощается благодаря ряду особенностей рентгеновских изображений: программному обеспечению не нужно учитывать степень освещённости при определении глубины объекта, достаточно считать длину от одной точки до другой на втором изображении; можно использовать второе изображение как проверочное для первого, то есть если по первому изображению программа отнесла предмет к категории «наушники», то и на втором изображении она должна выдать такой же ответ.

В заключение хотелось бы сказать, что наша идея 3D-визуализации содержимого багажа ещё не была реализована на рынке и может стать одним из ключевых факторов, способствующих тщательному досмотру багажа и снижению общего уровня преступности в мире.

Список литературы

1. Zak Murez, Tarrence van As, James Bartolozzi, Ayan Sinha, Vijay Badrinarayanan, Andrew Rabinovich: Atlas. End-to-End 3D Scene Reconstruction from Posed Images – URL: <https://arxiv.org/pdf/2003.10432>
2. Kaiming He, Georgia Gkioxari, Piotr Dolla'r, Ross Girshick. Mask R-CNN – URL: <https://arxiv.org/pdf/1703.06870v3>
3. Alexey Bochkovskiy, Chien-Yao Wang, Hong-Yuan Mark Liao. YOLOv4: Optimal Speed and Accuracy of Object Detection – URL: <https://arxiv.org/pdf/2004.10934v1>
4. Nicolas Carion, Francisco Massa, Gabriel Synnaeve, Nicolas Usunier, Alexander Kirillov, Sergey Zagoruyko. End-to-End Object Detection with Transformers – URL: <https://arxiv.org/pdf/1904.01355v5>
5. Zhi Tian, Chunhua Shen, Hao Chen, Tong He. FCOS: Fully Convolutional One-Stage Object Detection – URL: <https://arxiv.org/pdf/1904.01355v5>
6. Lars Mescheder, Michael Oechsle, Michael Niemeyer, Sebastian Nowozin, Andreas Geiger. Occupancy Networks: Learning 3D Reconstruction in Function Space – URL: <https://arxiv.org/pdf/1812.03828>
7. Georgia Gkioxari Jitendra Malik Justin Johnson. Mesh R-CNN – URL: <https://arxiv.org/pdf/1906.02739.pdf>

СЕКЦИЯ 4

Информационные системы и технологии на транспорте

УДК 625.14, 625.172

РОЛЬ ТЕХНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В СОЗДАНИИ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ВЕРХНЕГО СТРОЕНИЯ ПУТИ

Атапин В.В. Нечушкин А.С.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. С развитием диагностических средств ежегодно появляется большой объем информации о каждом объекте железнодорожной инфраструктуры. На сегодняшний день диагностика железнодорожного пути проводится как минимум 2 раза в месяц. В результате вся получаемая информация не имеет структурности и недостаточно используется для управления техническим состоянием железнодорожного пути. В работе рассмотрены факторы, влияющие на состояние верхнего строения пути, и рассмотрены задачи, необходимые для создания данной информационной модели

Ключевые слова: информационная модель, кривой участок пути, пропущенный тоннаж, геометрия рельсовой колеи, анализ, прогнозирование, верхнее строение пути

THE ROLE OF TECHNICAL INDICATORS IN CREATING AN INFORMATION MODEL OF THE UPPER STRUCTURE OF THE PATH

Atapin V.V. Nechushkin A.S.

Samara, Samara State Transport University

Abstract. With the development of diagnostic tools, a large amount of information about each railway infrastructure object appears every year. To date, the diagnosis of the railway track is carried out at least 2 times a month. As a result, all the information received has no structure and is not used enough to manage the technical condition of the railway track. The paper considers the factors affecting the state of the upper structure of the path, and considers the tasks necessary to create this information model.

Keywords: Information model, APC, curved track section, missed tonnage, track gauge geometry, analysis, forecasting, upper structure of the track

Введение

В современном мире с развитием технологического прогресса возникает необходимость создания информационных моделей. Информационная модель железнодорожного пути должна обладать большим массивом технических и диагностических данных, таких как: тип рельсов, креплений, шпал, пропущенный тоннаж, грузонапряженность, % соотношение кривых и прямых участков, а также учитывать дефектность пути, элементов, отступления геометрии рельсовой колеи. Главной задачей информационной модели железнодорожного пути является возможность моделировать состояние пути на годы вперед и предлагать максимально выгодные для себя технические и экономические решения [1].

Железнодорожный путь должен обеспечивать безопасное движение и бесперебойный пропуск поездов с установленными скоростями. Во многом эти факторы зависят от состояния целого комплекса инженерных сооружений. Верхнее строение железнодорожного пути является одним из важнейших элементов, который определяется состоянием геометрии рельсовой колеи.

От качества содержания верхнего строения пути зависит безопасность движения, скорость перевозочного процесса, комфортабельность и устойчивость. Одним из показателей состояния

верхнего строения пути является количество возникающих неисправностей в геометрии рельсовой колеи. К геометрии рельсовой колеи относятся такие параметры, как «Шаблон», «Уровень», «Рихтовка», «Перекос» и «Просадка». Отступления от установленных норм геометрии рельсовой колеи служат сигналом о неисправностях в элементах железнодорожного пути.

Основная часть

С целью определения зависимостей технических показателей и количества возникающих отступлений был выполнен анализ состояния геометрии рельсовой колеи на отдельном перегоне Куйбышевской железной дороге. Технические характеристики данного перегона представлены в таблице 1. Анализируемый перегон имеет три участка с различным пропущенным тоннажем. Общая протяженность перегона составляет 21 километр [2].

Таблица 1

Технические характеристики участков

№	Участок	Скрепление	Rmin, м	Rср, м	% кривых	% прямых	Грузонапряженность	Пропущенный тоннаж на 2021 г.
1	1278-1291	АРС-4	1000	1812	26	74	129	1143
2	1292-1295	АРС-4	575	580.5	24.6	75.4	129	665
3	1296-1298	АРС-4	591	591	21.4	78,6	129	304

По выбранному перегону был сформирован график частоты отступлений по каждому километру (рисунок 1).

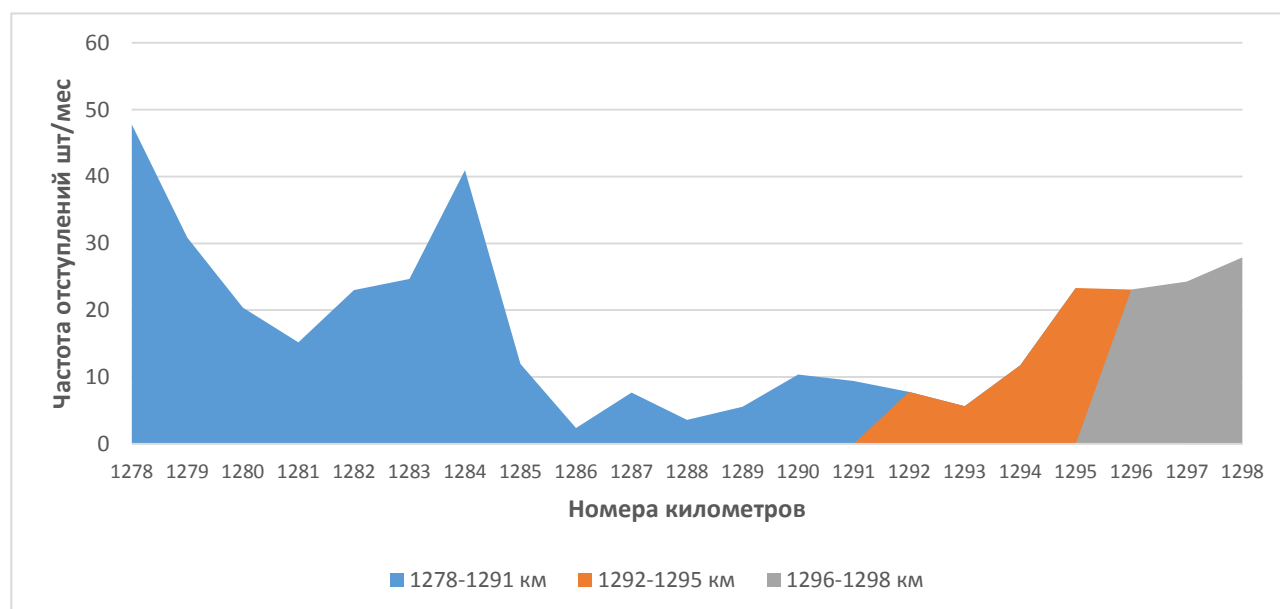


Рис. 1. График частоты отступлений

Полученный результаты показывает, что на 1 участке присутствуют километры с максимальной частотой, а именно 1278 км – 47,8 шт./мес и 1284 км – 40,95 шт./мес, минимальная частота на 1286 км – 2,36 шт./мес; на 2 участке максимальная частота у 1295 км – 23,3 шт./мес, минимальная частота 1293 км – 5,63 шт./мес; на 3 участке частота отступлений практически равна 23,1, 24,27 и 27,88 соответственно. На участок 1286-1293 км приходятся минимальные значения частоты.

Более подробный анализ по каждому километру представлен в таблице 2.

Проведенный анализ (см. таблицу 2) показал, что полученные максимальные значения частоты приходятся на километры с преимущественно кривыми участками пути. Так километры 1295-1298 имеют в своем плане более 50% кривых участков пути с радиусом менее 600 м, а значение частоты у них равно 23 шт./мес. Обратная же ситуация у километров 1287-1289, у которых отсутствуют кривые участки в плане и их частота равна: 4-8 шт./мес. Километры 1278 и 1284 показали самое большое значение частоты 40 и 47 шт./мес соответственно, что может

быть вызвано большим пропущенным тоннажом ~1143 млн. т. брутто и наличием преимущественно кривых участков пути, в случае с 1278 км, так и многорадиусовых кривых участков как с 1284 километром.

На рисунке 2 представлены результаты анализа динамики развития отступлений по каждому километру за рассматриваемый период.

Таблица 2

Технические характеристики километров

№ км	Пропущенный тоннаж на 2021 г	R, м	% кривых	% прямых	Частота отступлений, шт./мес
1278	1143	1100	55.2	44.8	47.78333
1279	1143	1870	21.4	78.6	30.85
1280	1143	-	-	100	20.38333
1281	1143	-	-	100	15.18333
1282	1143	-	-	100	23
1283	1143	1670	22.1	77.9	24.66667
1284	1143	4500	28	72	40.95
		2500			
		4000			
1285	1143	4000	28.2	71.8	11.95
		2030			
1286	1143	2030	2.2	97.8	2.36
1287	1143	-	-	100	7.66
1288	1143	-	-	100	3.58
1289	1143	-	-	100	5.55
1290	1143	2035	51.8	48.2	10.36
1291	1143	1080	56.3	43.7	9.4
		1100			
		2100			
1292	665	2100	76.2	23.8	7.76
		1180			
		1100			
1293	665	1000	23	77	5.63
1294	665	-	-	-	11.75
1295	665	575	82.9	17.1	23.31
		586			
1296	304	586	36.4	63.6	23.08
		1001			
1297	304	1001	74.1	25.9	24.27
1298	304	591	57	43	27.88

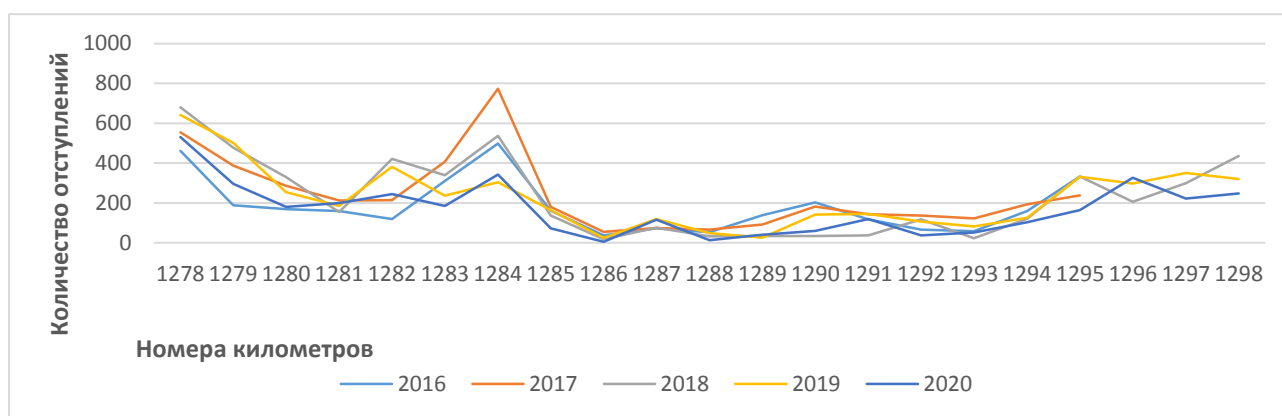


Рис. 2. Динамика развития отступлений

На основе полученных данных (рисунок 2) можно сделать следующий вывод: развитие динамики отступлений за разные временные периоды практически схожи, за исключением роста или снижения количества отступлений, что может быть связано с проведением ремонтных работ. На рисунке 3 представлена динамика развития частоты по каждому виду отступления.

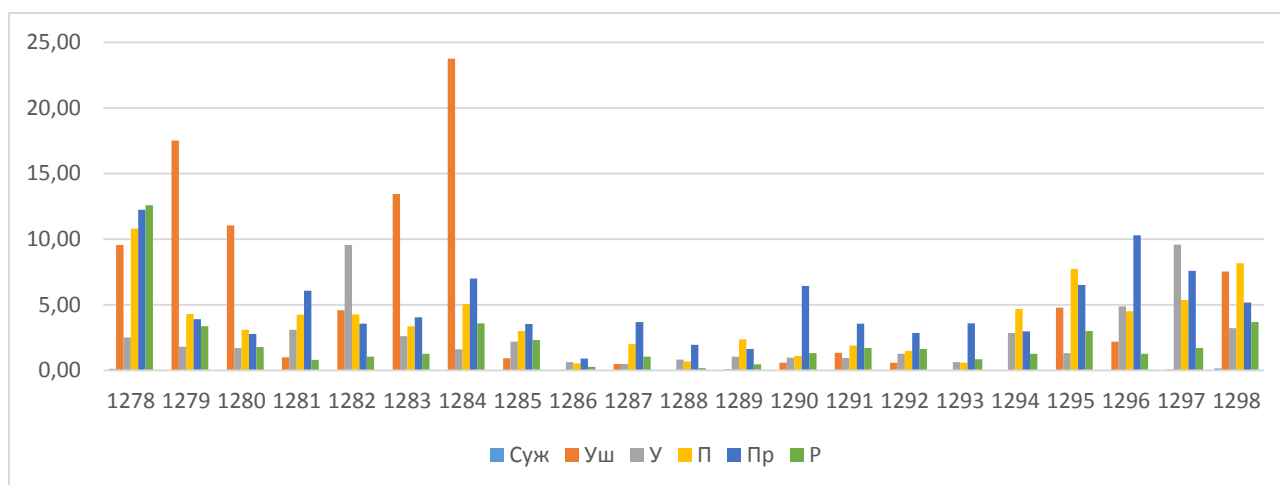


Рис. 3. Динамика развития частоты по каждому виду отступления

Исходя из полученных данных (см. рисунок 3) видно, что максимальная частота на 1284 километре по уширению рельсовой колеи. У участка 1278–1284 частота отступлений по ширине колеи является «доминирующей». Участок 1285–1293 показывает незначительные отклонения, преимущественно по параметру «Просадка». Участок 1294–1298 подвержен отступлениям по параметру «Перекас».

Заключение

На основе полученных данных можно сделать ряд выводов:

- информационная модель железнодорожного пути приобретает особое место в развитии железнодорожной инфраструктуры для прогнозирования состояния верхнего строения пути с целью обеспечения безопасности движения поездов, экономии ресурсов и принятии оперативных управленческих решений [3];
- частота отступлений во многом зависит от технических показателей пути;
- динамика развития отступлений предиктивна;
- сложность и многообразие элементов железнодорожного пути требует взаимосвязи и поиска дальнейших зависимостей.

Создание и развитие информационной модели железнодорожного пути повысит многократно уровень диагностики состояния пути [4]. С помощью информационной модели можно прогнозировать назначение ремонтов и своевременно, без дополнительных затрат проводить техническое обслуживание железнодорожного пути.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ю.А. Седелкин, В.В. Атапин. Методология УРРАН для определения предотказного состояния инфраструктуры // Путь и путевое хозяйство. 2015. №3. – 8-11 с.
2. Шубинский И.Б., Проневич О.Б. Методы интеллектуального анализа данных для прогнозирования опасных событий // Железнодорожный транспорт. 2021. №12. – 27-31 с.
3. Атапин В.В., Нечушкин А.С. Оценка влияния работы различных типов рельсовых скреплений на состояние верхнего строения пути // Транспорт Урала. 2021. № 2 (69). – 73-78 с.
4. Ю.А. Седелкин, В.В. Атапин. Анализ состояния верхнего строения пути и земляного полотна на основе результатов обследования диагностическими средствами // Путь и путевое хозяйство. 2015. №8. – 13-15 с.

МЕТОДИКА ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОЙ СТРАТЕГИИ РАЗМЕЩЕНИЯ ГРУЗОВ

Беляков А.А., Шулепов А.И.

Самара, Самарский национальный исследовательский университет

Аннотация. Целью работы является исследование дифференцированной стратегии размещения полезной нагрузки в отсеке транспортного грузового корабля с учётом предъявляемых к задаче технических требований. В статье делается постановка задачи, составляется модель компоновки в общем виде, подбираются её управляемые параметры и функции, на основе которых собирается целевая функция и вид граничных условий. Затем методом неопределённых множителей Лагранжа компоновка рассчитывается на тестовом примере. Таким образом, модель верифицируется, а найденное решение подвергается анализу, на основании которого в заключении даются комментарии по доработкам концепции дифференцированной стратегии размещения.

Ключевые слова: размещение, компоновка, полезная нагрузка, проектные параметры, принятие решений, целевая функция.

METHODOLOGY OF DIFFERENTIATED CARGO ARRANGEMENT STRATEGY

Belyakov A.A., Shulepov A.I.

Samara. Samara National Research University

Abstract. The aim of this work is to study a differentiated strategy for arranging the payload in the compartment of a transport cargo spaceship, taking into account the technical requirements for the problem. In the article, the problem is formulated, a general layout model is drawn up, its controlled parameters and functions are selected, on the basis of which the objective function and the type of boundary conditions are assembled. Then the layout is calculated using the test case by the method of undefined Lagrange multipliers. Thus, the model is verified, and the found solution is analyzed, on the basis of which comments are given in the conclusion on the refinements of the concept of a differentiated arrangement strategy.

Keywords: Arrangement, layout, payload, project parameters, decision making, object function

Введение

Задача размещения геометрических объектов, обладающих физическими свойствами, в замкнутых пространствах обрела своё воплощение во многих отраслях, где для её решения создаются узко специализирующиеся модели и алгоритмы. Она известна тем, что может иметь одновременно несколько допускаемых решений на множестве Парето, а формат конечного результата зависит от характера исходных данных. Кроме того, определённое влияние оказывает выбранная методология поиска и принятия решений, поэтому исследование операций в данной тематике остаётся по-прежнему актуальным, так как не прекращаются попытки создавать автоматизированные программные комплексы, способные воспроизводить действия лица, принимающего решения [1].

В частности, данная задача существует в космическом машиностроении при разработке компоновок бортовой аппаратуры и полезной нагрузки (ПН) в отсеках космических аппаратов и транспортных грузовых кораблей (ТГК). К ним предъявляются ряд функциональных, монтажных, термодинамических, виброударных и акустических требований, а также массово-центровочные и габаритные ограничения. Насколько известно, среди инженеров-конструкторов практикуются эвристические подходы для учёта перечисленных факторов при поиске и принятии компоновочных решений. Для реализации своих действий применяются концентрированные стратегии, которые держат фокус на частном показателе эффективности, а остальные переводят в разряд ограничений.

Развитием этого подхода является дифференцированная стратегия, расширяющая поле операций на множество показателей эффективности с учётом их физической природы. Модель операции размещения в таком случае подразумевает составление векторов параметров задачи

в количестве наложенных на неё требований и ограничений. Цель данной работы заключается в предложении методологии моделирования дифференцированной стратегии при размещении ПН в отсеке ТГК.

Постановка задачи

Требуется разместить набор ПН в выбранном отсеке ТГК так, чтобы отклонение центра масс компоновки от центра масс отсека было минимальным при функциональных, тепловых, монтажных требованиях и габаритных, виброударных ограничениях. Здесь управляемыми параметрами выступают координаты объектов, а неуправляемыми – габаритные допуски, обеспечивающие возможность крепежа, погрузки-разгрузки, отсутствия взаимного перегрева и прогибов. Тогда за показатели эффективности принимаются отклонение центра масс отсека, температура и прогибы от механических деформаций под действием грузов.

Метод решения

Математически целевую функцию в общем виде предлагается записать так:

$$F(Y_{\text{Ц}} - Y_{\text{С}}) = \left(\frac{\partial}{\partial a_1} + \frac{\partial}{\partial a_2} + \dots + \frac{\partial}{\partial a_k} \right) f(u) \rightarrow \min, \quad (1)$$

где $F(Y_{\text{С}} - Y_{\text{Ц}})$ – функция цели, определяющая допустимое отклонение центра масс отсека;

$Y_{\text{Ц}} = (x_{\text{Ц}}; y_{\text{Ц}}; z_{\text{Ц}})^T$ – вектор центра масс отсека ТГК;

$Y_{\text{С}} = (x_{\text{С}}; y_{\text{С}}; z_{\text{С}})^T$ – вектор центра масс компоновки ПН;

u – вектор управляемых параметров компоновки;

$f(u)$ – оператор управляемой составляющей модели компоновки;

a_k – дифференцирующий метод в рамках стратегии;

k – количество управляемых параметров компоновки;

$\frac{\partial}{\partial a_k} f(u)$ – оператор управляющей составляющей модели компоновки.

Оптимальное теоретическое значение вектора u можно найти из условий минимума для функции цели (1) относительно этих параметров:

$$\left(\frac{\partial}{\partial a_1} + \frac{\partial}{\partial a_2} + \dots + \frac{\partial}{\partial a_k} \right) \frac{df(u)}{du} = 0. \quad (2)$$

Решение системы (2) ищется при ограничениях, в которые переведены неуправляемые параметры компоновки:

$$\Phi(u, \nu) \leq \bar{\Phi}, \quad (3)$$

где $\nu = \text{const}$ – вектор неуправляемых параметров компоновки;

$\Phi(u, \nu)$ – оператор неуправляемой составляющей модели компоновки;

$\bar{\Phi}$ – вектор требований и ограничений в задаче размещения ПН.

Краевые условия (3) могут задаваться границами диапазона допустимых значений либо в виде функций связи параметров модели.

Поскольку имеется задача нелинейного программирования, то находить условный экстремум функции (1) относительно ограничений (3) предлагается методом неопределённых множителей Лагранжа путём комбинации:

$$L(u, \lambda) = \left(\frac{\partial}{\partial a_1} + \frac{\partial}{\partial a_2} + \dots + \frac{\partial}{\partial a_k} \right) f(u) + \lambda [\Phi(u, \nu) - \bar{\Phi}], \quad (4)$$

где $L(u, \lambda)$ – функция Лагранжа;

$\lambda \neq 0$ – неопределённый множитель Лагранжа.

Тогда с учётом дополнительной функции (4) условие (2) будет переписано в виде:

$$\left(\frac{\partial}{\partial u} + \frac{\partial}{\partial \lambda}\right)L(u, \lambda) = 0. \quad (5)$$

Решение полученной системы уравнений (5) должно обеспечивать минимум целевой функции (1). Параметры компоновки представляют собой аргументы расчётных моделей, каждая из которых является с определённой точностью аналогом некоторого процесса. Конкретно при озвученной постановке задачи за операторы управляемой составляющей $f(u)$ для $k = 3$ принимаются вариации:

$$\begin{cases} f_1(u_1) = \delta\xi \\ f_2(u_2) = \delta\Gamma, \\ f_3(u_3) = \delta\zeta \end{cases} \quad (6)$$

где $\delta\xi = (\delta\xi_x; \delta\xi_y; \delta\xi_z)^T$ – отклонение центра масс компоновки ПН;

$\delta\Gamma$ – перепад температур граней соседних грузов;

$\delta\zeta = (\delta\zeta_x; \delta\zeta_y; \delta\zeta_z)^T$ – прогиб оболочки отсека от механических деформаций.

При проектировании делается допущение, что все грузы имеют форму прямоугольного параллелепипеда и ориентируются по продольной оси X отсека ТГК [2]. Основной целью задачи размещения является определение точек крепления ПН, поэтому управляемыми параметрами компоновки u будут соответствующие координаты трёхмерного пространства:

$$\begin{cases} u_1 = (x_C; y_C; z_C)^T \\ u_2 = y_M \\ u_3 = (\rho_x^2; \rho_y^2; \rho_z^2)^T \end{cases}, \quad (7)$$

где y_M – монтажное расстояние между гранями соседних грузов относительно оси X отсека;

$\rho = (\rho_x; \rho_y; \rho_z)^T$ – среднеквадратичные расстояния до стенок ТГК для расчётного случая.

Зависимость отклонения координат центра масс компоновки от исходных значений для отсека может быть рассчитана по формуле, аналогично используемой в работе [3]:

$$f_1(u_1) = \delta\xi = (\delta\xi_x(x_C); \delta\xi_y(y_C); \delta\xi_z(z_C))^T = (\sqrt{x_C^2 - x_{Ц}^2}; \sqrt{y_C^2 - y_{Ц}^2}; \sqrt{z_C^2 - z_{Ц}^2})^T. \quad (8)$$

Зависимость температуры от расстояния между грузами может быть выражена из закона Фурье в интегральной форме, что рассматривается в профильной литературе [4]:

$$f_2(u_2) = \delta\Gamma(y_M) = -\frac{P_{\max}}{\lambda_M y_M}, \quad (9)$$

где P_{\max} – максимальная полная мощность тепловых потерь;

λ_M – коэффициент теплопроводности конструкционного материала корпусов грузов.

Зависимость прогиба по расстоянию может быть найдена по нормальным напряжениям конструкции отсека ТГК [5]:

$$f_3(u_3) = \delta\zeta = (\delta\zeta_x(\rho_x^2); \delta\zeta_y(\rho_y^2); \delta\zeta_z(\rho_z^2))^T = \left(\frac{mgn_x^{\max}}{EA_x} \rho_x^2; \frac{mgn_y^{\max}}{EA_y} \rho_y^2; \frac{mgn_z^{\max}}{EA_z} \rho_z^2\right)^T, \quad (10)$$

где m – масса ПН;

g – ускорение свободного падения для расчётного случая;

E – модуль продольной упругости конструкционного материала корпуса отсека ТГК;

$n^{\max} = (n_x^{\max}; n_y^{\max}; n_z^{\max})^T$ – максимальная перегрузка для расчётного случая;

$A = (A_x; A_y; A_z)^T$ – площадь поверхности прямоугольного параллелепипеда модели груза.

Как уже говорилось ранее, методы решения задачи размещения представляют из себя работу с геометрическими параметрами системы (7), поэтому:

$$(a_1; a_2; a_3)^T = (x; y; z)^T. \quad (11)$$

Тогда целевая функция (1) с учётом выражений (8)-(11) примет блочный вид:

$$F(Y_{II} - Y_C) = \begin{bmatrix} -\frac{Y_C}{\sqrt{Y_{II}^2 - Y_C^2}} \\ \frac{P_{\max}}{\lambda_M y_M^2} \\ \frac{2 \frac{mgn_{\max}}{EA} \rho}{\rho} \end{bmatrix} \rightarrow \min. \quad (12)$$

Допуски на рассчитываемые параметры системы (6) соответственно имеют вид:

$$\bar{\Phi} = (\bar{\Phi}_1; \bar{\Phi}_2; \bar{\Phi}_3)^T = (\Delta \xi_x^{\max}; \Delta \xi_y^{\max}; \Delta \xi_z^{\max}; \Delta T^{\max}; \Delta \zeta_x^{\max}; \Delta \zeta_y^{\max}; \Delta \zeta_z^{\max})^T. \quad (13)$$

Граничные условия (3) задаются выражениями (8)-(10), из чего следует, что все введённые известные величины являются неизменяемыми параметрами ν модели компоновки и задаются разработчиками или по статистике. Теперь из целевой функции (12) с граничными условиями (13) составляется функция Лагранжа (4). В итоге после преобразований по формуле (5) и группировки параметров получается система семи неоднородных уравнений:

$$\begin{cases} Y_C^2 + (1 + \lambda_1 Y_C)(Y_{II}^2 - Y_C^2) = 0 \\ \lambda_2 y_M - 2 = 0 \\ \lambda_3 \rho + 1 = 0 \end{cases}, \quad (14)$$

где $(\lambda_1; \lambda_2; \lambda_3)^T = (\lambda_{1x}; \lambda_{1y}; \lambda_{1z}; \lambda_2; \lambda_{3x}; \lambda_{3y}; \lambda_{3z})^T$ – некоторые коэффициенты Лагранжа;

Приближённое решение системы (14) найдено с помощью PTC Mathcad:

$$\begin{cases} Y_C = \frac{1}{2} \Psi \left[1 + \left(\frac{Y_{II}}{\Psi} \right)^2 \right] \\ y_M = \frac{2}{\lambda_2} \\ \rho = -\frac{1}{\lambda_3} \end{cases}. \quad (15)$$

В первой строчке системы решений (15) произведена замена:

$$\Psi = \sqrt[3]{Y_{II}^2 \left(\sqrt{\frac{1}{4\lambda_1^2} - \frac{Y_{II}^2}{27}} + \frac{1}{2\lambda_1} \right)}. \quad (16)$$

Метод также позволяет с помощью системы (5) найти коэффициенты уравнений:

$$\begin{cases} \lambda_1 = -\frac{1}{\sqrt{Y_{II}^2 - (\Delta \xi^{\max})^2}} \left(\frac{Y_{II}}{\Delta \xi^{\max}} \right)^2 \\ \lambda_2 = -\frac{P_{\max}}{\lambda_M \Delta T^{\max}} \\ \lambda_3 = -\sqrt{\frac{mgn_{\max}}{EA \Delta \zeta^{\max}}} \end{cases}. \quad (17)$$

Практическое приложение и анализ результатов

Пусть в отсеке из алюминиевого сплава Д16, центр масс которого имеет в базовой системе отсчёта координаты $(-30;100;25)$ мм, требуется разместить полезную нагрузку массой 50 кг с корпусом из того же алюминиевого сплава с габаритами $(750;500;500)$ мм. ТГК находится на поверхности Земли, максимальные перегрузки составляют $(4;1,2;1,2)$, температура внутри отсека не должна превышать 320 К, потери мощности электродвигателей вентиляторов не должны превышать 100 Вт, отклонение центра масс отсека не должно превышать 20 мм во всех направлениях, допускаемые прогибы стенок от действия груза должны составлять не более $(5;2;2)$ мм.

Тогда положение центра масс компоновки приобретёт координаты $(-22,36;97,98;15)$ мм, потребное расстояние между гранями пары соседних грузов для соблюдения температурного режима равно 14,7 мм, возможный минимальный прогиб корпуса отсека ТГК обеспечивается при размещении груза в точке с координатами $(677;958;958)$ мм.

По модулю разницы полученных значений можно сделать вывод, что отклонение центра масс отсека находится в области допускаемых значений, температурный допуск не превышает известный по статистике 50 мм, точка для размещения ПН находится на боковой конической стенке отсека ТГК, пересечения со стенками не происходит, так как его диаметр по статистике равен в среднем 2200 мм [6].

Заключение

В результате проведённого исследования дифференцированной стратегии размещения ПН в отсеке ТГК были выведены формулы расчёта основных проектных параметров модели компоновки с помощью метода неопределённых множителей Лагранжа. Алгоритм был опробован на тестовом примере, решение которого адекватно статистическим данным. Этот способ может применяться итерационно по мере заполнения отсека грузами. При изменении входных параметров (7) и функций (6) будут изменяться аргументы (11), целевая функция (1) и её ограничения (3). То же касается и коэффициентов (16) и (17). Видится возможным вывести все варианты, так как максимальное число управляемых параметров не велико. Это позволит гибко искать решение при проектировании и автоматизировать процесс в целом. Но особого внимания также будет требовать проверка точности и адекватности новых расчётов.

Список литературы

1. Кучеров А.С. Теория поиска и принятия решений: учеб. пособие – Самара: Самарский национальный исследовательский университет, 2020. – 205 с.
2. Шулепов А.И., Гаврилов В.Н., Мятишкин Г.В. Автоматизированное решение задачи размещения грузов на борту транспортных космических систем // Вестник СГАУ. 2003. №1.
3. Беляков А.А., Шулепов А.И. Разработка алгоритма размещения грузов в отсеках транспортного космического аппарата // Вестник Амурского государственного университета. Серия: Естественные и экономические науки. – 2020. №91.
4. Пузин Ю.Я. Основы устройства космических аппаратов: система теплового режима космического аппарата: учеб. пособие – Самара: Самарский национальный исследовательский университет, 2017.
5. Савельев Л.М., Ахмедьянов И.С. Прочность летательных аппаратов: учеб. пособие – Самара: Самар. гос. аэрокосм. ун-т., 2012.
6. Кучеров А.С., Назаров А.В., Тимшин В.Т. Конструкция и компоновка пилотируемых космических аппаратов «Союз»: учеб. пособие – Самара: Самарский национальный исследовательский университет, 2020.

ДВОИЧНЫЕ СИСТЕМЫ УРАВНЕНИЙ ИСПРАВЛЕНИЯ КОДОВ

Гущин А. В., Белякова Т. А.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. В статье рассматривается возможность программного решения линейных уравнений над двоичным полем. Проводится эксперимент по комбинированной проверке ошибок решением полиномиальных уравнений и двоичных. Результат показывает возможность проверки более двух символов без увеличения разрядов кодового слова.

Ключевые слова: конечное поле, линейные коды, проверочное слово, циклические коды.

BINARY EQUATIONS CODE CORRECTION

Gushchin A.V., Belyakova T.A.

Samara, Samara State Transport University

Abstract. The article discusses the possibility of programmatic solution of linear equations over a binary field. An experiment on combined error checking by solving polynomial equations and binary equations is being carried out. The result shows the possibility of checking more than two characters without increasing the digits of the code word.

Keywords: finite field, linear codes. check word, cyclic codes.

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.

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.

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 $\alpha \in F_{16}$ – корень многочлена $x^4 + x + 1 \in F_2[x]$. Тогда минимальными многочленами элементов α и α^3 над полем 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 $f \in$

$F_2[x]/(x^{15} - 1)$ 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

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

– компоненты синдрома $S(\mathbf{v}) = H\mathbf{v}^T$. Тогда $\mathbf{v} \in C$ в том и только том случае, когда $S(\mathbf{v}) = H\mathbf{v}^T = \mathbf{0}$ [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

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

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
$this->diagmatrix ($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. 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 $\eta_1 = \alpha^{a_1}, \eta_2 = \alpha^{a_2}$ – локаторы ошибок, значит,

$$S_1 = \eta_1 + \eta_2, S_3 = \eta_1^3 + \eta_2^3,$$

поэтому

$$S_3 = S_1^3 + S_1^2\eta_1 + S_1\eta_1^2,$$

и следовательно

$$1 + S_1\eta_1^{-1} + (S_1^2 + S_3S_1^{-1})\eta_1^{-2} = 0.$$

Если имеется 2 ошибки, то η_1^{-1} и η_1^{-2} являются корнями многочлена

$$s(x) = 1 + S_1x + (S_1^2 + S_3S_1^{-1})x^2. \quad (1)$$

Если имеется только одна ошибка, то $S_1 = \eta_1, S_3 = \eta_1^3$, а следовательно, $S_1^3 + S_3 = 0$, и тогда

$$s(x) = 1 + S_1x. \quad (2)$$

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

Итак, в начале вычисляем синдром $S(v) = Hv^Y$ 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. 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, $\eta_1^{-1} = \alpha, \eta_2^{-1} = \alpha^7$, т. е. $\eta_1 = \alpha^{14}, \eta_2 = \alpha^8$. 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 $g(x)$. 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.

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

Пример работы алгоритма. Интерфейс запуска алгоритма встроено в клиентскую часть страницы <https://jr.samgups.ru/math/>. Серверная часть реализована стандартными ресурсами

языка РНР без подключения специальных математических библиотек. Этапы реализации решения изображены на рисунках 1-3.

```

Передача/прием: 101101001011010/101101001011000
Код проверки:  $V = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}$  Ошибка в разряде  $x_{14}$ 
    
```

Рис. 1. Оформление вывода указателя на ошибку

```

111000000000000 111000000000000
101010100000000 011001100000000
101000100100001 001100100000000
101000000000101 000111100000000
100001100000000 000011100010001
X̄ = 100000101000001 000001100110000
100000000000011 000000110000001
001100100000000 000000011110000
001000100010001 000000001101001
001000000001001 000000000111100
000000110000001 000000000001111
 Проверочная  ФСР
    
```

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

```

Передача/прием: 101101001011010/101101001011000
Проверка: 101101001011000-000000000000010=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, 000000001101010, 000111110011010,
101010110010000, 101101000111000, 110011000000100, 110100111110100, 000000001100010, 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

Список литературы

1. Лидл Р., Нидеррайтер Г. Конечные поля: В 2-х т. Т. 1. Пер. с англ. — М.: Мир, 1988. — 430 с.
2. Гущин, А. В. Практические решения оптимального подбора типа пространственных моделей / А. В. Гущин, А. С. Федоров, А. В. Богатова // Вестник СамГУПС. – 2018. – № 3(41). – С. 62-66.

ПРОГРАММНЫЙ ПОДБОР ПАРАМЕТРОВ ГЕНЕРАТОРА ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫХ ЧИСЕЛ

Гущин А. В., Губачева К. С.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. В статье 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.

Ключевые слова: линейный конгруэнтный, квадратичный конгруэнтный, мультипликативный метод.

SOFTWARE SELECTION OF GENERATOR PARAMETERS PSEUDO-RANDOM NUMBERS

Gushchin A.V., Gubacheva K.S.

Samara, Samara State Transport University

Abstract. The article discusses methods of algorithmic solution to some problems of linear and quadratic generators of pseudo-random numbers. A generator setup program with automatic selection of parameters for work in a distributed system of a server cluster has been developed. For linear generators, a multiplicative method of functional expansion is provided.

Keywords: linear congruent, quadratic congruent, multiplicative method.

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.

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.

Автоматический подбор производится из условия – пусть $X_{n-1} = aX_n + c - qt$, где q – некоторое целое число. Если обе части равенства взять по модулю d , то тогда d – множитель t . Первая задача, которая рассматривалась, – нахождение удовлетворительных значений параметров. Пусть E – какое-либо множество точек плоскости [2]. Расстоянием точки ζ до этого множества называется нижняя грань расстояний точки ζ до всевозможных точек E : $\rho(\zeta, E) = \inf |z' - z''|$, $Z \in E$. Если $\rho(\zeta, E) = 0$, то либо $\zeta \in E$, либо $\zeta \in \bar{E}$, но тогда E содержит точки, сколь угодно близкие к ζ , т. е. ζ является предельной точкой E . В случае, когда E –

замкнутое множество, точка, не принадлежащая E , не может быть предельной для E . Поэтому из $\zeta \in \bar{E}$ следует, что $\rho(\zeta, E) > 0$. Пусть E и F – два множества точек; расстоянием между ними называется нижняя грань расстояний между всевозможными парами точек z' и z'' таких, что $z' \in E$ и $z'' \in F$: $\rho(E, F) = \inf |z' - z''|$.

Другой фактор – пусть $\{K\}$ [1] – множество кругов, образующих покрытие ограниченного замкнутого множества F , т. е. таких кругов, что для каждой точки $z \in F$ существует, по крайней мере, один круг из множества $\{K\}$, содержащий внутри эту точку; тогда из множества $\{K\}$ можно выделить конечное число кругов: K_1, K_2, \dots, K_n , образующих покрытие F . По определению уже известно, что $N = k + n = 1 + 1 = 2$, и если $L = C$ и $N=2$, а $L' = R^1$ и $n=1$, то размерность фактор-пространства C/R^1 определена $k = 1$. Элемент $x \in C$ есть объект $(a + ib)$, его числовое представление является бинарным отношением (a, b) вещественных чисел a и b [2].

Следует кратко [1] рассмотреть особенности условия нормального функционирования объекта. Информация об объекте, содержащаяся в его выходном сигнале, зависит от предыстории входных сигналов. Очевидно, что требования к времени измерения и оценивания связаны с тем, что при оценивании параметров должны использоваться характеристики сигналов, которые можно получить, только наблюдая сигнал на каком-то интервале времени. Вообще имеется тесная связь между продолжительностью интервала и точностью получаемой информации. Если к входному сигналу можно добавить пробный сигнал низкого уровня, то необходимо рассмотреть отношение сигнал/шум, вопросы наилучшего выбора характеристик пробного сигнала, влияние вида сигнала на процесс получения информации и т. д. Изменение параметров объекта вносит принципиальную неопределенность в результаты оценивания

Результат операции суммирования обычно дается по модулю; умножение по модулю ω также очень простое, поскольку затрагиваются только младшие разряды произведения. Таким образом, представленная программа эффективно вычисляет величину $(aX + c) \bmod \omega$. Выражение

$$aX = q(\omega + 1) + (r - q)$$

имеем при $\omega < r - q < \omega$, так как $q < \omega$. Следовательно, $(aX) \bmod (\omega + 1)$ равно одному из двух значений $(r - q)$ или $r - q + (\omega + 1)$ в зависимости от того, $r - 1 \geq 0$ или $r - q < 0$. Подобная техника может быть использована для получения произведения двух чисел по модулю $(\omega - 1)$. Для выполнения указанных разделов требуется знать простые множители m , чтобы правильно выбрать a . В разделе рекомендованных параметров (пользовательский интерфейс) дается полный список разложений на простые множители $\omega \pm 1$ почти для каждой известной длины. Для каждого элемента x положим $y = x - f(x)x_0$; тогда

$f(y) = f(x - f(x)x_0) = 0$, то есть $y \in \text{Ker } f$ [2]. Представление элемента x в виде $x = \alpha x_0 + y$, где $y \in \text{Ker } f$, при фиксированном элементе x_0 единственно. В самом деле, пусть $x = \alpha x_0 + y$, $y \in \text{Ker } f$, $x = \alpha' x_0 + y'$, $y' \in \text{Ker } f$. Тогда $(\alpha - \alpha')x_0 = y' - y$. Если здесь $\alpha = \alpha'$, то очевидно,

что $y' = y$. Если же $\alpha' \neq \alpha$, то $x_0 = \frac{y' - y}{\alpha - \alpha'} \in \text{Ker } f$, что противоречит выбору x_0 [2]. Результат

появляется в регистре A . В конце программы возможно переполнение; если это нежелательно, то следует использовать представление вычисления по модулю $\omega + 1$. Как правило, требуется, чтобы $c = 0$, когда $m = \omega + 1$. В регистре A содержится значение $(aX) \bmod (\omega + 1)$. Конечно, оно может, лежать где-нибудь между 0 и ω включительно. Это своеобразная особенность алгоритма представлять много значений в регистре A . Обычно регистр не может хранить число, большее, чем $\omega - 1$. Ответом является то, что переполнение в программе происходит тогда и только тогда, когда результат равен n . Можно отобразить ω в виде нуля, так как программу обычно нельзя использовать, когда $X = 0$; но более удобно просто отбросить зна-

чение ω , если оно появляется в конгруэнтной последовательности по модулю $\omega + 1$. Для доказательства того, что программа действительно вычисляет $(aX) \bmod (\omega + 1)$, заметим, что в младшие разряды произведения вычитаются из старших разрядов. Переполнение не может произойти на этом шаге, и, если $aX = q\omega + r$ при $0 \leq r < \omega$, получим значение $r - q$ в регистре A .

Использование $m = \omega \pm 1$ показывает, что выбор $m = \omega$ явно удобен. Причина в том, что, когда $m = \omega$, цифры правой части X_n гораздо менее случайны, чем цифры левой части. Если d является делителем m и если

$$Y_n = X_n \bmod d,$$

можно легко показать, что

$$Y_{n+1} = (aY_n + c) \bmod d.$$

Действительно, из $x_1 = f(x_1)x_0 + y_1, \quad x_2 = f(x_2)x_0 + y_2$ вытекает, что $x_1 - x_2 = (f(x_1) - f(x_2)) \cdot x_0 + (y_1 - y_2)$. Отсюда видно, что $x_1 - x_2 \in \text{Ker } f$ тогда и только тогда, когда коэффициент при x_0 , то есть $f(x_1) - f(x_2)$, равен 0. Всякий класс ξ по подпространству $\text{Ker } f$ определяется любым из своих представителей. В качестве такого представителя можно взять элемент вида αx_0 [2]. Отсюда видно, что подпространство $L / \text{Ker } f$ действительно одномерно и $\text{Ker } f$ имеет коразмерность 1.

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

Таблица 1

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.

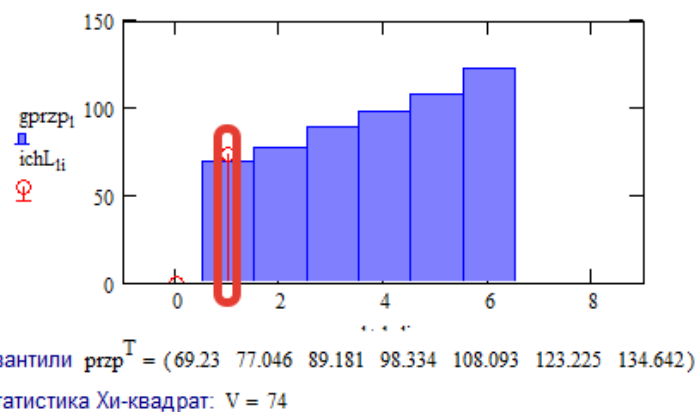


Рис. 1. Программная генерация оптимальных параметров ПСЧ; период генерации $m=47394209$ при $a=9029$

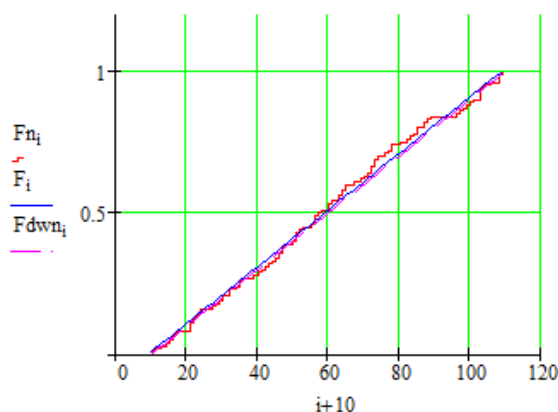


Рис. 2. Эмпирическое и эталонное распределение ПСЧ

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 [1]. Ясно, что если $x_0 \in L'$, то $M'=L'$; если же $x_0 \notin L'$, то $M' \neq L'$. Если f – нетривиальный линейный функционал на пространстве L , то множество $M_f = \{x : f(x) = 1\}$ является гиперплоскостью, параллельной подпространству $\text{Ker } f$ (действительно, фиксируя какой-нибудь элемент x_0 , для которого $f(x_0) = 1$, можно всякий вектор $x \in M_f$ представить в виде $x = \alpha x_0 + y$, где $y \in \text{Ker } f$) [2].

Выводы. Очевидно, что 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.

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.

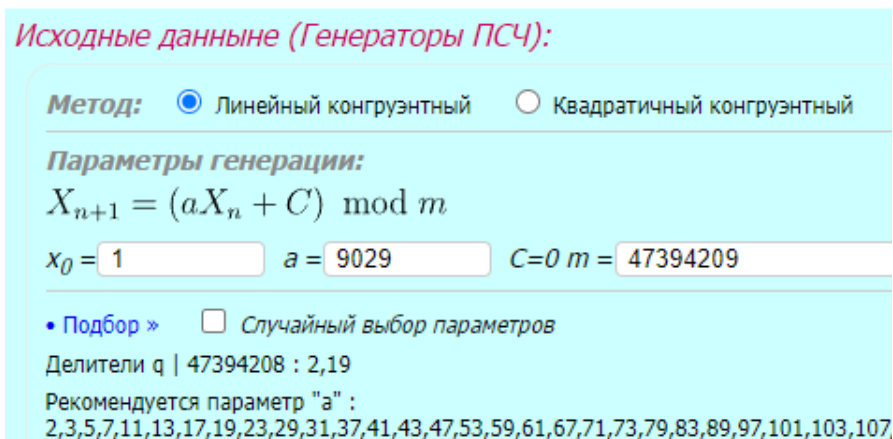


Рис. 3. Программная генерация оптимальных параметров ПСЧ; период генерации $m=47394209$ при $a=9029$

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. Готовая последовательность может быть выгружена во внешний файл и протестирована на статистические свойства.

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 ; 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

УДК 004.6

АНАЛИЗ ПАССАЖИРОПОТОКА ПО ДАННЫМ ОТКРЫТЫХ ИСТОЧНИКОВ

Дубинина И.Н., Иващенко А.В., Головнин О.К., Сурнин О.Л.

Самара, Самарский государственный технический университет,
Самарский национальный исследовательский университет,
ООО «Открытый код»

Аннотация. В статье представлена цифровая платформа интегрального мониторинга, позволяющая реализовать анализ пассажиропотока на основе данных из открытых источников. В основе решения лежат технологии обработки больших данных и методы семантического и статистического анализа временных рядов, позволяющие производить аналитическую обработку слабоструктурированной информации на основе знаний. Результаты анализа пассажиропотока по данным открытых источников могут применяться для принятия управленческих решений по развитию региона.

Ключевые слова: анализ больших данных, открытые данные, большие данные, поддержка принятия решений, информационная система

PASSENGER TRAFFIC FLOW ANALYSIS BASED ON THE DATA FROM OPEN SOURCES

Dubinina I.N., Ivaschenko A.V., Golovnin O.K., Surnin O.L.

Samara, Samara State Technical University,
Samara National Research University,
SEC "Open code"

Abstract. The paper presents a digital integrated monitoring platform that allows implementing the analysis of passenger traffic flow based on data from open sources. The solution is based on big data processing technologies and methods of semantic and statistical analysis of time series, which allow for analytical processing of semi-structured information based on knowledge discovery. The results of the analysis of passenger traffic according to open sources can be used to make managerial decisions on the development of the region.

Keywords: Big Data analysis, open sources, decision-making support, information system

Анализ открытых источников информации является важным инструментом мониторинга развития региона. Публикации в новостных лентах, социальных сетях, отзывы на сайтах, информация Интернет сервисов и т.п. образуют так называемые большие данные (Big Data) [1] – разнообразные слабоструктурированные данные большого объема, поступающие в режиме реального времени. Обработка этих данных позволяет выявить основные тренды развития социально-экономических систем, оценить общественную реакцию на различные изменения и в результате дополнить официальные показатели косвенными характеристиками, учитывающими субъективный характер восприятия текущей социально-экономической обстановки в регионе.

Реализация информационного и программного обеспечения обработки данных открытых источников является актуальным и востребованным средством управления в цифровых социальных и экономических системах [2, 3]. В его основе лежат технологии обработки больших данных [4] и методы семантического и статистического анализа временных рядов [5, 6], позволяющие производить аналитическую обработку слабоструктурированной информации на основе знаний. Накопленный опыт реализации систем мониторинга и воздействия различного назначения позволил создать платформу интегрального мониторинга (разработчик – ООО «Открытый код») [7 - 10], позволяющую производить анализ больших данных из открытых источников в различных приложениях регионального управления.

Одним из наиболее иллюстративных и перспективных примеров практического применения системы интегрального мониторинга является анализ пассажиропотока в регионе. В этой области предлагаемая разработка позволяет оценить ситуацию с точки зрения потребителя туристических услуг, провести анализ самых популярных направлений и пользоваться этими данными для принятия управленческих решений.

Туристическая привлекательность региона оценивается по нескольким факторам: транспортная доступность, инфраструктура, популярность, уровень сервиса и т.д. Популярность региона для туристов с точки зрения транспортной и инфраструктурной доступности можно рассчитать с помощью построения транспортных матриц, матриц доступности и анализа информации о туристическом потоке, однако для полноценного анализа туристической привлекательности необходимо использовать данные социальных сетей и Интернет порталов.

Для решения этой задачи цифровая платформа интегрального мониторинга предоставляет возможности изучения общественного мнения при анализе туристического пассажиропотока.

Реализация цифровой платформы интегрального мониторинга на примере анализа пассажиропотока приведена на рисунке 1. Одной из особенностей платформы является возможность подключения к любой системе с помощью API для получения первичных данных, с помощью которых возможно формирование и мониторинг официальных показателей и косвенных характеристик.

Важным отличием от существующих систем мониторинга является возможность анализа данных из средств массовой информации (СМИ), социальных сетей, новостных порталов и лент с помощью краулера, имеющего гибкую настройку в режиме реального времени.

Для изучения интересов туристов был произведен анализ на основании публикаций из социальных сетей с упоминанием ключевых слов и присутствием геометок, соответствующих районам Самарской области, а также анализ новостей из СМИ за 2021 год.

По результатам исследования был составлен рейтинг тегов, в соответствии с частотой упоминания тегов в публикациях пользователей ВКонтакте и Twitter (см. таблицу 1).

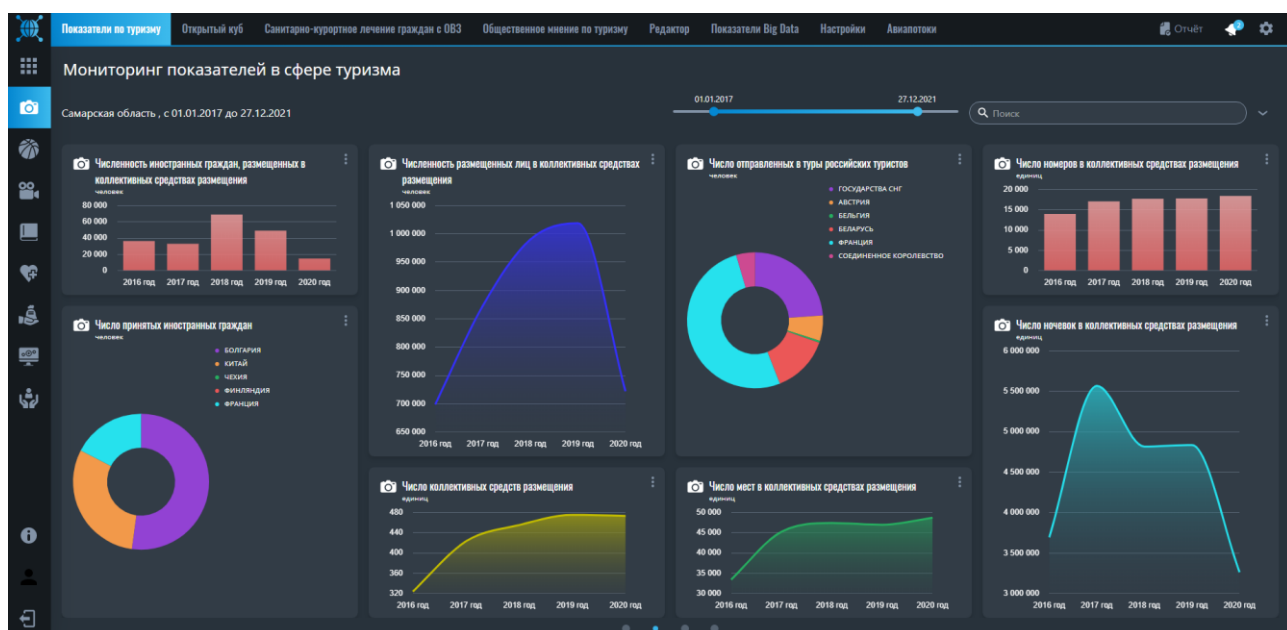


Рис. 1. Мониторинг показателей в сфере туризма

Исходя из таблицы 1 стоит отметить, что чаще всего туристы делали публикации с упоминанием международного аэропорта Курумоч, музеев и ресторанов или на территории данных объектов. В исследовании уделялось внимание контенту пользователя для определения населенного пункта. Так, была получена возможность косвенно оценить процентное соотношение количества туристов, прибывших на территорию области из других регионов и внутренних туристов в числе местных жителей.

Таблица 1

№	Наименование тега	Частота
1	аэропорт	11673
2	турист	8792
3	тур	8631
4	театр	8419
5	музей	7741
6	туризм	6161
7	ресторан	6076
8	туристический	6016
9	памятник	5439
10	кафе	4817

По результатам анализа, в цифровой платформе интегрального мониторинга были составлены оригинальные дашборды, на которых представлена тепловая карта интересов туристов, где светлый цвет соответствует низкому уровню интереса к району, а темный – высокому уровню интереса (см. рисунок 2). Таким образом, максимальный пассажиропоток был зафиксирован на территории агломерации Самара-Тольятти и в городском округе Сызрань.

Данная информация может быть использована как для принятия управленческих решений по развитию транспортной сети региона, так и для распределения источников финансирования.

Оценка пассажиропотока с помощью данных открытых источников может производиться не только с помощью публикаций, но и так же с использованием видеоаналитики. Современные разработки в области интеллектуального компьютерного зрения, внедренные в платформу, позволяют производить анализ количества пассажиропотока в единицу времени сквозь заданные пользователем «цифровые ворота». Применяя данную технологию к видеопотоку городских камер, возможно оценить пассажиропоток туристов, приезжающих на автомобиле,

с возможностью распознавания региона на регистрационных знаках автомобиля для дальнейших аналитических исследований и управленческих решений.

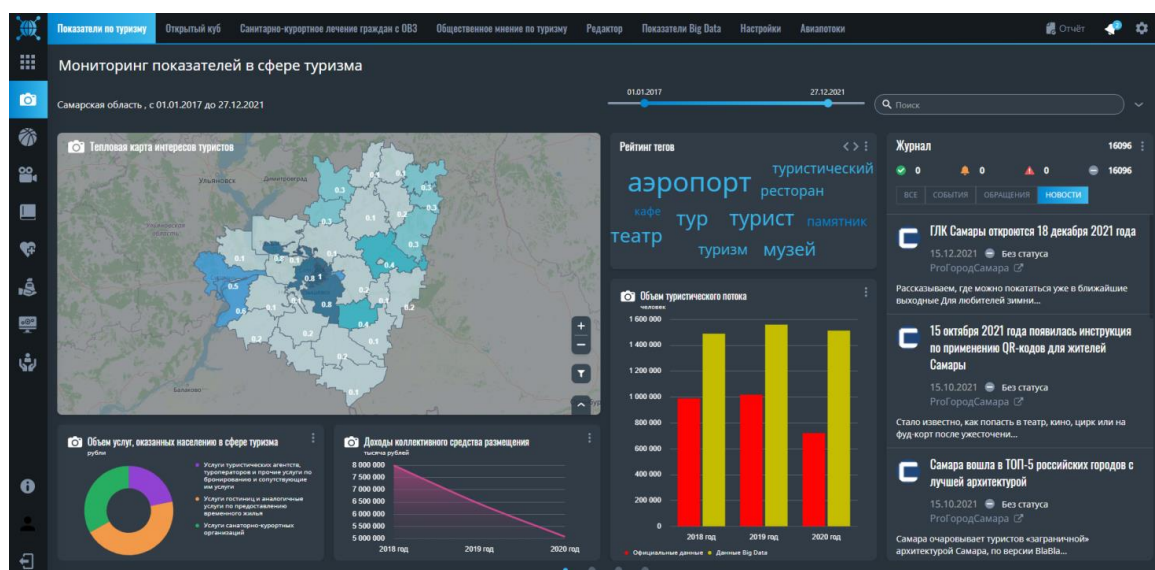


Рис. 2. Анализ интересов туристов

Таким образом, анализ открытых источников данных с использованием цифровой платформы интегрального мониторинга позволяет производить анализ пассажиропотока, например, для мониторинга развития туристической отрасли региона. С помощью данных альтернативных показателей, построенных на основании открытых источников данных, возможно принятие эффективных управленческих решений и выявление скрытых факторов, не учитываемых в официальной статистике.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bessis N., Dobre C. Big Data and Internet of Things: A roadmap for smart environments // Studies in computational intelligence, 2014. - 450 p.
2. Gautam S., Muneeswari S., Revathi V., Kavitha V., Parthiban N. A review of the state of the art in business intelligence software // Enterprise Information Systems, 2021 - pp. 1 – 28
3. Rouhani S., Asgari S., Mirhosseini V. Review study: business intelligence concepts and approaches // American Journal of Scientific Research, Issue 50, 2012. - pp. 62 - 75
4. Ma S., Huai J. Approximate computation for big data analytics // ACM SIGWEB Newsletter, 2021. - pp. 1 - 8
5. Kobayashi H., Mark B., Turin W. Probability, random processes and statistical analysis. Cambridge university press, 2012. - 812 p.
6. Прохоров С.А. и др. Прикладной анализ случайных процессов / Под ред. Прохорова С.А. – Самарский научный центр РАН, 2007. - 582 с.
7. Surnin O.L., Sitnikov P.V., Ivaschenko A.V., Piyasova N.Yu., Popov S.B. Big Data incorporation based on open services provider for distributed enterprises // CEUR Workshop Proceedings. Vol-190, 2017. – pp. 42 – 47
8. Surnin O.L., Sitnikov P.V., Khorina A.A., Ivaschenko A.V., Stolbova A.A., Piyasova N.Yu. Industrial application of big data services in digital economy // CEUR Workshop Proceedings, Vol-2416, 2019. - pp. 409–416
9. Sitnikov P., Dodonova E., Dokov E., Ivaschenko A., Efanov I. Digital transformation of public service delivery processes in a smart city // Lecture Notes in Networks and Systems, Volume 296, 2021. – pp. 332 – 343
10. Ivaschenko A., Krivosheev A., Stolbova A., Sitnikov P. Approximate analysis of deviant behavior on social media // Lecture Notes in Networks and Systems 283. - pp. 539 - 547

УДК 004.62

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ КАНАЛОВ УПРАВЛЕНИЯ И СБОРА ДАННЫХ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ ГОРОДСКОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Денисова А. А., Фатеев В.А.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. В данной работе был проведен сравнительный анализ пропускной способности каналов управления и сбора данных в интеллектуальных системах городского освещения. Были рассмотрены как средства проводной, так и средства беспроводной связи. Представлены полученные результаты исследования.

Ключевые слова: интеллектуальная система, умный город, проводные средства связи, беспроводные средства связи.

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE BANDWIDTH OF CONTROL CHANNELS AND DATA COLLECTION IN INTELLIGENT URBAN LIGHTING SYSTEMS

Denisova A.A., Fateev V.A.

Samara, Samara State Transport University

Abstract. In this paper, a comparative analysis of the bandwidth of control channels and data collection in intelligent urban lighting systems was carried out. Both means of wired and wireless communication were considered. The obtained results of the study are presented.

Keywords: intelligent system, smart city, wired means of communication, wireless means of communication.

В настоящее время набирает популярность концепция «умного города», которая предполагает комфортное проживание в экологичной среде с экономно расходующимися ресурсами. Практическая реализация данной концепции зависит от многих факторов, в том числе и от развития городской инфраструктуры. Инфраструктура является фундаментом, на котором держатся связанные между собой решения, позволяющие выполнять различные функции. В большинстве своем, эти решения активно взаимодействуют друг с другом.

Любая интеллектуальная система, так или иначе, занимается сбором и обработкой информации, а также, передачей команд управления различным исполнительным устройствам. Таким образом, многие функции «умного города» зависят от пропускной способности каналов управления и сбора данных.

Одним из значимых элементов городской инфраструктуры является система уличного освещения. Она имеет распределенную топологию в населенных пунктах, что позволяет при правильной организации использовать ее как сеть фиксированных точек, которые можно оборудовать различными датчиками. Такие точки с датчиками могут использоваться не только в качестве инфраструктуры системы городского освещения, но и позволят обеспечить сбор необходимой информации для других решений, основанных на интеллектуальных технологиях.

Сейчас есть уже достаточно много готовых систем освещения, в основе которых лежат интеллектуальные технологии. Как правило, такие системы содержат следующие элементы:

- светодиодные светильники, использующие интеллектуальные технологии. Они способны изменять свои параметры, например интенсивность светового потока в процессе работы. Такие светильники как правило, оснащены датчиками движения, датчиками освещенности, а также, разными специализированными датчиками. Кроме того, они управляются контроллерами и имеют встроенные блоки передачи данных;

- сеть передачи данных предназначенная для связи сети фонарей как с главным сервером и между собой. В связи с этим, стоит выделить как наиболее перспективные для использования в системе уличного освещения беспроводные линии связи. Они могут быть развернуты на базе сетей GPRS/3G/4G.

– центр, осуществляющий мониторинг системы. Он может быть создан с использованием технологии «интернета вещей». С помощью таких центров можно осуществлять централизованное управление городским освещением. Централизованное управление значительно облегчает работу разного рода эксплуатационных и технических служб. Службы занимающиеся эксплуатацией могут осуществлять удаленную регулировку яркости свечения фонарей, руководствуясь текущими погодными условиями (дождь, туман, метель и т.п.), а так же, задавать график, согласно которому будет происходить автоматическое включение/выключение освещения в отдельных районах города. Технические службы имеют возможность оперативного выявления электрического оборудования, вышедшего из строя. Кроме того, эти службы имеют возможность оценивать показания датчиков, которые установлены на фонарных столбах. Это позволяет своевременно выявлять неисправности и направлять на устранение ремонтные бригады.[1]

– кроме выполнения основных функций, а именно, автоматического включения/выключения фонарей утром и вечером, а также управлением интенсивности светового потока, систему уличного освещения, основанную на интеллектуальных технологиях, можно использовать для выполнения функции оповещения населения и водителей при возникновении различных экстренных ситуаций. Так например, фонари могут использоваться для подачи заранее обусловленных световых сигналов, это может служить знаком для окружающих (например, в случае проезда автомобиля спасателей или машины скорой помощи). Или, например, датчики, установленные на фонарях, могут использоваться для сбора данных о городском движении, пробках, уровне загрязненности окружающей среды и т.д. [2]

В настоящее время, не все городские сети освещения оснащены современными системами. Тем не менее, используются или могут быть использованы те средства сбора данных и обмена информацией, которые могут быть включены в контур интеллектуальной обработки данных. В первую очередь речь идет о средствах связи, обеспечивающих каналы управления и сбора данных. Некоторые из них имеют уже достаточно большую историю, но тем не менее, успешно зарекомендовали себя в автоматизированных системах коммерческого учета электроэнергии (АСКУЭ).

В рамках данной тематики был проведен сравнительный анализ пропускной способности различных каналов управления и сбора данных, реализуемых при помощи широко используемого оборудования и протоколов передачи данных. Были рассмотрены как средства проводной, так и средства беспроводной связи. Результаты исследования представлены в таблице.

Таблица

Сравнительный анализ проводных и беспроводных средств связи

Наименование	Проводные / беспроводные	Скорость обмена данными	Расстояние передачи
RS-485	проводные	0,1 – 10 мбит/с	1200 метров
PLC	проводные	500 мбит/с	300 м
RS-232	проводные	115 кбит/с (максимум)	15 м (максимум)
ZigBee	беспроводные	до 250 кб/с	до 4 км в зоне прямой видимости
LoRaWAN	беспроводные	От 0,3 до 50 кбит/с	500 – 2300 м

В качестве проводных средств связи были рассмотрены как средства, обеспечивающие связь по силовой сети, такие, как PLC, так и средства связи, работающие с использованием отдельных слаботочных линии, таких как RS-232 и RS-485.

PLC (Power Line Communication) является современной телекоммуникационной технологией. В ее основе лежит использование силовых электрических сетей для осуществления вы-

сокоскоростного информационного обмена. Технология Powerline использует принцип частотного разделения сигнала. Суть этого принципа заключается в том, что высокоскоростной поток данных разбивается на несколько низкоскоростных потоков, при этом, каждый из этих потоков передается на отдельной поднесущей частоте, а затем, все они объединяются в один сигнал.

Технология PowerLine достаточно часто используется для создания локальной сети в небольших офисах, где требуется простота реализации, мобильность устройств, а так же возможность легко расширять уже существующую сеть. Также, данная технология используется для домашней автоматизации в системе «Умный дом». Может обеспечить даже работу сети интернет.

В отличие от PLC, технология ZigBee является беспроводной и используется по большей части в платформах «Умный дом». Особенностью ZigBee является то, что все устройства образуют разветвленную сеть, то есть, при небольшом радиусе действия одиночного устройства, могут находить любое другое устройство.

ZigBee предусматривает передачу информации в радиусе от 5 до 75 (на открытой местности до 200) метров с максимальной скоростью 250 кбит/с. Поддерживает работу в 27 каналах трех частотных диапазонов:

- 2,4 ГГц (16 каналов);
- 915 МГц (10 каналов);
- 868 МГц (1 канал).

Перекрыть большее расстояние позволяет технология LoraWan. При этом, обеспечивается скорость передачи данных до 50 кБит/с. В зависимости от рельефа и застройки, связь с датчиками можно обеспечить на расстоянии 500-2300 метров. Беспроводные сети LoRaWAN имеют некоторые преимущества благодаря использованию широкополосной модуляции LoRa и работе в диапазонах частот, не требующих лицензии. Сети LoRaWAN:

- обладают совместимостью с существующими сетями и технологиями беспроводной передачи данных;
- имеют высокую помехоустойчивость;
- обеспечивают работу десятков и сотен тысяч устройств;
- имеют большую зону охвата, а оконечные устройства малое энергопотребление.

Таким образом, используемые в настоящее время технологии для организации каналов управления и сбора данных имеют достаточно широкий диапазон скоростей. Это позволяет осуществлять выбор той или иной технологии в зависимости от области применения и бюджета проекта. Там, где достаточно только сбора данных от низкоскоростных датчиков, может быть выбрана технология PLC или ZigBee. Для более скоростных применений, следует выбирать LoraWan или Wi-Fi.

Список литературы

1. Управление уличным освещением. [Электронный ресурс] URL: <https://smarnet.kg/news3.html> (Дата обращения 18.12.2022).
2. Управление уличным освещением. [Электронный ресурс] URL: <https://iot.ru/gorodskaya-sreda/upravlenie-ulichnym-osveshcheniem-kogda-v-rossii-stanet-svetlo-po-umnomu> (Дата обращения 18.12.2022).

РОЛЬ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ В РЕАЛИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНОЙ СТРАТЕГИИ В РФ

Никифорова Л.Х.

Москва, Московский государственный технический университет гражданской авиации

Аннотация. В современной транспортной стратегии в РФ большое внимание уделяется вопросам цифровой трансформации. В статье представлен анализ проблемы оценки цифровой зрелости для разных секторов транспортной инфраструктуры.

Ключевые слова: транспорт, инфраструктура, рейтинг транспортной инфраструктуры, цифровая трансформация, цифровая экономика, транспортная стратегия.

THE DIGITAL TRANSFORMATION ROLE IN THE IMPLEMENTATION OF THE TRANSPORT STRATEGY IN THE RUSSIAN FEDERATION

Nikiforova L.Kh.

Moscow, Moscow State Technical University of Civil Aviation

Abstract: Much attention is paid to the issues of digital transformation in the modern transport strategy in the Russian Federation. The article presents an analysis of the assessing digital maturity for different sectors of transport infrastructure problem.

Keywords: transport, infrastructure, transport infrastructure rating, digital transformation, digital economy, transport strategy.

Развитие инфраструктуры государства является одним из основных факторов высокого уровня жизни населения и конкурентоспособности на мировой арене. Наиболее известным сравнительным исследованием комплекса социально-экономических характеристик стран является рейтинг глобальной конкурентоспособности (Global Competitiveness Index), публикуемый ежегодно Всемирным экономическим форумом. Оценка характеристик государства проводится по 12 группам показателей, одна из которых – инфраструктура. В инфраструктуру включены такие составляющие, как транспортная обеспеченность, электроэнергия и связь. Сводный рейтинг в 2020 г. не был представлен разработчиками по ряду обоснованных причин, поэтому за основу анализа приняты данные исследований до 2019 г. включительно [1].

РФ занимает по совокупности показателей 43 место из 141 стран (за время существования этого исследования с 2004 г. Россия сильно повысила свой рейтинг). По показателю «инфраструктура» РФ занимает 50 позицию (по сравнению с 2018 г. произошло незначительное улучшение в абсолютных значениях измерения на 1,6 пункта) [1]. В России развитию транспортного обеспечения уделяют особое внимание. Это объясняется той ролью, которая отводится разным видам транспорта в поддержании экономической системы государства с большой территорией, разнообразными климатическими зонами, развитыми межрегиональными связями, высокой региональной дифференциацией.

Цель работы: изучить проблему формирования транспортной стратегии РФ на период до 2030 года с учетом фактора цифровой трансформации. Задачи исследования включают в себя анализ составляющих международного рейтинга по показателю «транспорт», статистических показателей развития транспорта в РФ (на основе данных Росстата и Минтранса), выявление ключевых проблем развития, определение роли цифровой трансформации в решении стратегических задач управления транспортным комплексом страны. В исследовании использовались методы статистического анализа и анализа нормативных документов.

По уровню развития транспорта РФ в мировом рейтинге занимает 49 место [1]. Исследователи при построении рейтинга транспортной инфраструктуры выделяют такие параметры, как качество автодорог, качество железных дорог, качество воздушных перевозок, качество

морского транспорта. Сравнительный анализ параметров рейтинга в динамике проводить затруднительно, так как в 2019 г. была скорректирована методика расчета интегрального показателя и изменена шкала с 0-7 на 0-100. Поэтому основным критерием сравнения является место в рейтинге (рис. 1).

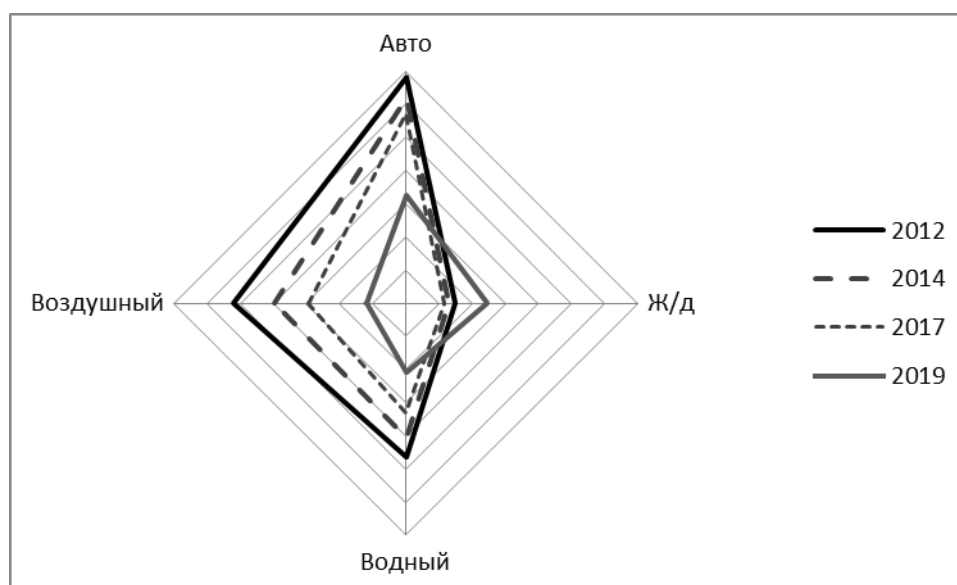


Рис. 1. Сравнительный анализ позиции РФ в рейтинге транспортной инфраструктуры за период 2012 – 2019 гг.

При анализе диаграммы следует учесть, что чем ближе линия к точке начала координат, тем выше рейтинг. Из графика видно, что все виды транспорта имеют равномерную тенденцию к улучшению своей позиции, кроме железнодорожного транспорта, который в 2019 году опускается с 23 позиции на 49 [1]. Хорошую динамику за этот период демонстрирует воздушный транспорт. Анализ показателя качества по видам транспорта при одинаковой системе расчетов по шкале 0-7 за период 2012-2017 гг. показывает тенденцию к улучшению этого показателя во всех секторах транспортной отрасли (рис.2).

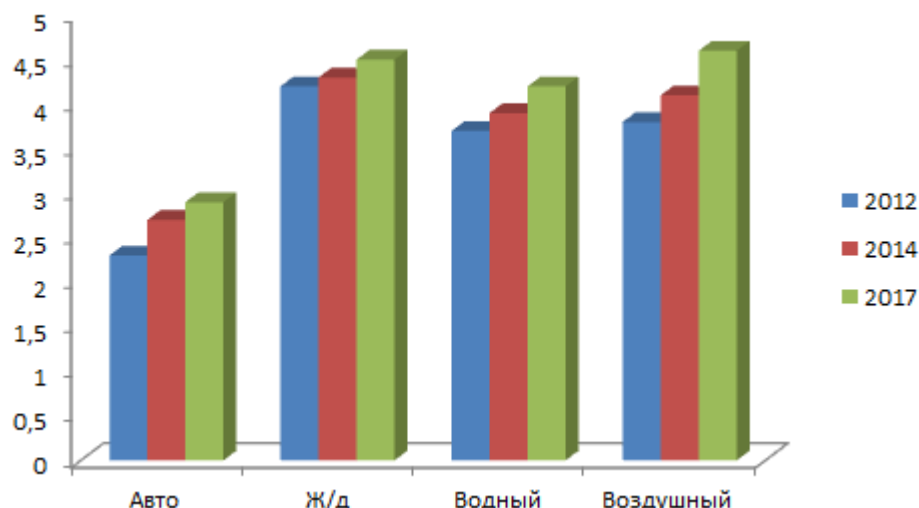


Рис. 2. Динамика качества транспортного обеспечения в РФ за период 2012-2017 гг.

Подобные международные рейтинги часто критикуют, так как достоверность результата зависит во многом от качества исходной информации. Так, например, рейтинг глобальной конкурентоспособности (Global Competitiveness Index) построен на результатах анкетирования руководителей высшего звена управления. Иные исходные данные транспортной инфраструктуры в рейтинге не использовались [2]. Субъективизм в оценках может снижать достоверность

результатов исследования (несмотря на авторитетность организации, ответственной за результаты исследования).

Отечественные исследования отрасли транспорта и логистики чаще основаны на обработке статистических данных, нежели на экспертных оценках. Так, исследование «Индекс развития инфраструктуры России» позволяет оценить состояние основных отраслей инфраструктуры, и что важно – показать уровень их развития в региональном разрезе. При анализе транспортной инфраструктуры наряду с данными Росстата используются также данные Минтранса и отраслевых ведомств [3].

Индекс транспортной инфраструктуры по итогам 2021 г. имеет самое низкое среднее значение (3,24) по сравнению с индексами других видов инфраструктуры (для примера, самый высокий средний индекс у коммунальной инфраструктуры 6,96 при максимальном показателе 10,00). Для расчета отраслевого индекса используется 6 показателей (в перечне нет показателей оценки водного транспорта из-за наличия большого количества субъектов РФ, не имеющих выхода к морю и крупным рекам). За период 2018-2021 гг. индекс транспортной инфраструктуры вырос незначительно – с 3,21 до 3,24, но в условиях пандемии и кризиса такие показатели эксперты признают как удовлетворительные. Положительную динамику показал сектор воздушных перевозок, снижение показателей – у автомобильного транспорта (хотя субиндекс этого вида по-прежнему имеет самое высокое абсолютное значение среди всех видов транспорта), индекс железнодорожных перевозок стабилен [3].

Разработка и реализация транспортной стратегии РФ – важная государственная задача стратегической направленности. Первый вариант транспортной стратегии был предложен в 2008 г. [4]. В ноябре 2021 г. в него были внесены существенные изменения и дополнения, связанные с необходимостью корректировки целевых показателей и мероприятий по ее реализации. В рамках формирования стратегического направления транспортной отрасли утверждены 9 ключевых инициатив, среди которых «Зеленый цифровой коридор пассажира», «Цифровое управление транспортной системой РФ», «Цифровизация для транспортной безопасности», «Беспилотная аэродоставка грузов» и др. [5].

В обновленной Транспортной стратегии одной из приоритетных задач является проведение цифровой трансформации отрасли. В структуре документа выделено 12 разделов. В целях настоящей работы проведен более подробный анализ раздела 7 документа «Цифровая трансформация, а также технологическое и кадровое сопровождение развития транспортной отрасли» [6].

Реализация транспортной стратегии тесно связана с реализацией национальной программы «Цифровая экономика». При этом отрасль «транспорт и логистика» часто признается экспертами пилотной отраслью, так как ее функционирование сопровождается постоянным ростом внедрения информационных технологий в транспортные и логистические процессы. Целевые показатели оценки цифровой зрелости для транспорта и логистики содержат 8 показателей федерального уровня, относящиеся к разным видам транспорта [7]. Расчет показателя на уровне субъекта РФ осуществляется по другим методикам.

В Транспортной стратегии представлены подходы к определению цифровой зрелости секторов транспортной отрасли. В основу положены 7 критериев: бизнес-модель и стратегия; взаимодействие с потребителем; операции; цифровизация поддерживающих функций; наличие цифровой платформы компании; подготовка кадров; управление изменениями [6]. Оценка осуществляется по шкале от «существенное отставание» до «полное соответствие». Общий уровень цифровизации сектора рассчитывается как среднее по всем критериям.

В 2020 г. прошла презентация результатов первой оценки цифровой зрелости транспортной отрасли. В целом, отрасль была оценена по данному показателю на высоком уровне, однако внутри отрасли эксперты отметили выраженную дифференциацию. Так, наиболее высокие показатели цифровой зрелости в железнодорожных перевозках, а наиболее низкие – в грузоперевозках водным транспортом. Из перечисленных в транспортной стратегии критериев оценки многие компании транспортной отрасли достигли прогресса по показателю «взаимо-

действие с потребителями», на втором месте – «операции», на третьем – «цифровизация поддерживающих функций». Остальные 4 критерия оценки были отнесены к проблемным зонам достижения высокой цифровой зрелости.

Однако в обновленной Транспортной стратегии представлены несколько иные результаты оценки. Первые позиции - взаимодействие с клиентами (в том числе посредством цифровых каналов, развития платформ-агрегаторов) и управление изменениями. На среднем уровне развития - создание цифровых бизнес-моделей. Отстающие области - цифровизация поддерживающих функций и операций внутри организации, а также подготовка кадров [6].

Разные результаты оценки свидетельствуют о том, что, к сожалению, проработка данного вопроса недостаточная, формулировка основных направлений в области цифровой трансформации не обладает необходимой детализацией, конкретностью, количественной определенностью. Кроме того, для изучения отрасли была бы полезна публикация результатов оценки в открытом доступе, если не оценок отдельных компаний, то, как минимум, оценок разных секторов транспорта в разрезе «грузоперевозки» и «пассажирские перевозки».

Целесообразно принять во внимание опыт других стран по развитию архитектуры предприятия в целом и созданию моделей зрелости архитектур предприятия, в частности. В качестве практически применимых фреймворков можно назвать модель FEAF, которая используется в США для проектирования и развития архитектур правительственных организаций (но не только, коммерческие организации тоже с успехом используют данную модель). Интересна цветовая модель фреймворка, которая позволяет по цветам – зеленый, желтый, красный и т.д. – увидеть уровень развития (или уровень зрелости) отдельных организаций. Такой подход можно было бы использовать и при оценке цифровой зрелости секторов транспортной отрасли.

Стоит также отметить и фреймворк COBIT (4-5 версий или COBIT 2019), в котором уже представлены апробированные модели зрелости процессов (в более поздних версиях модели возможности процессов). Уровень зрелости – понятие, которое характеризует степень поддержки решения задач бизнеса со стороны ИТ-блока. Модель зрелости позволяет наглядно показать путь улучшения (трансформации) от незрелых систем к зрелым (эффективным) [8].

Если на базе данных знаний, учитывая все преимущества и риски таких моделей, сформировать отечественную модель цифровой зрелости транспортных предприятий, то можно на основе постоянного мониторинга формировать карту эффективности предприятий транспорта с тем, чтобы поддерживать опыт эффективных компаний, оказывать методологическую, кадровую, финансовую и т.д. поддержку малоэффективным компаниям. С помощью такой модели можно оценивать динамику развития транспортной отрасли, степень реализации транспортной стратегии, ставить новые, актуальные задачи проведения отраслевых и внутриорганизационных изменений (реорганизация, реинжиниринг бизнес-процессов, внедрение современных инструментов и технологий, как производственных, так и управленческих).

Список литературы

1. Global Competitiveness Index. URL: <https://www.weforum.org>.
2. Зюзин П.В. Критический анализ международных рейтингов транспортной инфраструктуры / П. В. Зюзин // Экономика и предпринимательство. – 2015. – № 12-1(65). – С. 91-98.
3. Индекс развития инфраструктуры России. URL: https://infraoneresearch.ru/index_id.
4. Транспортная стратегия РФ на период до 2030 года (утв. распоряжением Правительства РФ от 22.11.2008 года №1734-р.).
5. Стратегическое направление в области цифровой трансформации транспортной отрасли РФ до 2030 г. (утв. распоряжением Правительства РФ от 21.12.2021 №3744-р.).
6. Транспортная стратегия РФ до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года (утв. распоряжением Правительства РФ от 27.11.2021 года №3363-р.).

7. Приказ Минцифры России от 18.11.2020 №600 (ред. от 14.01.2021) "Об утверждении методик расчета целевых показателей национальной цели развития Российской Федерации "Цифровая трансформация".
8. Никифорова Л.Х. Архитектурная модель зрелости // Гражданская авиация на современном этапе развития науки, техники и общества : Сборник тезисов докладов Международной научно-технической конференции, посвященной 50-летию МГТУ ГА, Москва, 25–26 мая 2021 года. – Москва: ИД Академии Жуковского, 2021. – С. 470-472.

УДК 004.416.6

СИСТЕМА РАНЖИРОВАНИЯ СПИСКОВ В АСУ НТИ

Папиловская Л.И., Липатова М.Н.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. Рассматривается проблема анализа и рассмотрения рационализаторских предложений и её решение на основе использования дополнительного модуля для АСУ НТИ по учету набора документов и данных, представленных в определенной электронной форме.

Ключевые слова: цифровая железная дорога, АСУ НТИ, модуль, информационное хранилище, логика ранжирования списков, дерево принятия решений.

THE SYSTEM OF RANKING LISTS IN THE NTI AUTOMATED CONTROL SYSTEM

Papirovskaya L.I., Lipatova M.N.

Samara State University of Railway Transport

Abstract. The problem of analysis and consideration of rationalization proposals and its solution based on the use of an additional module for STI ACS to account a set of documents and data submitted in a certain electronic form is considered.

Keywords: Digital railroad, ACS TI, module, information repository, the logic of ranking lists, decision tree.

В настоящее время одной из приоритетных задач развития холдинга «Российские железные дороги» является реализация комплексного научно-технического проекта «Цифровая железная дорога».

Целью проекта является обеспечение устойчивой конкурентоспособности компании на глобальном рынке транспортных и логистических услуг за счёт использования современных цифровых технологий.

Ядром формирования технологий цифровой железной дороги является полная интеграция интеллектуальных коммуникационных технологий между пользователем, транспортным средством, системой управления движением и инфраструктурой, то есть формирование новых сквозных цифровых технологий организации перевозочного процесса [1].

Основная проблема заключается в том, что все рационализаторские предложения из структурных подразделений ОАО «РЖД» для того, чтобы попасть в Автоматизированную систему управления научно-технической информацией АСУ НТИ вынуждены пройти через промежуточное звено – почту специалиста, который данные документы анализирует и вручную заносит в систему, при этом происходят затраты времени, которое может быть сэкономлено за счет автоматизации процесса и быть потрачено на другие задачи. Необходимо формирование единого отраслевого информационного хранилища, обеспечивающего регистрацию, учет, хранение и тиражирование результатов внедрения: рационализаторских предложений, передового производственного опыта.

Основные проблемы, связанные с анализом информации, как правило, обусловлены разрозненностью данных в первоисточниках, их качеством и уровнем готовности (отсутствием агрегатов, вычисляемых показателей) для решения аналитических задач.

Поэтому на сегодняшний день наиболее востребованной технологией, используемой при реализации аналитической информационной системы, являются хранилища данных, с помощью которых решается задача сбора, очистки и преобразования первичных данных.

В настоящее время пересылка документов с рационализаторскими предложениями на сети железных дорог происходит через почту. На почтовый ящик специалиста документ поступает от того или иного структурного подразделения, далее специалист заносит данные в АСУ НТИ.

Предлагается разработать модуль для АСУ НТИ, который позволит производить пересылку важных документов в самой системе АСУ НТИ, автоматически классифицировать их на имеющие фактический экономический эффект, либо положительный эффект. Это позволит специалистам обращать внимание в первую очередь на самые выгодные для внедрения предложения. Прямая пересылка в АСУ НТИ без использования почты и ручной сортировки и занесения в систему позволит специалисту экономить время для более важных задач, либо увеличит выполненный объем работы за счет перенесения части обязанностей специалиста на работу программы.

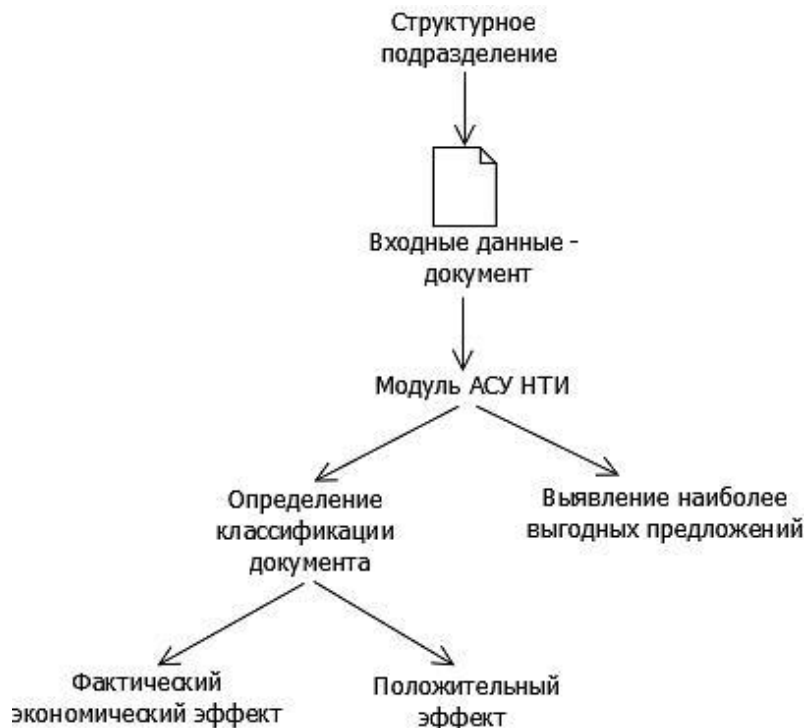


Рис. 1. Структура пересылки и обработки документов после внедрения модуля

Определение размера эффекта от рационализаторского предложения делится на:

- фактический экономический эффект (сокращение затрат сырья, материалов, топливно-энергетических ресурсов, повышение производительности труда и др.);
- положительный эффект (повышение безопасности, снижение экологического воздействия, улучшение труда и др.).

После классификации программа самостоятельно выгружает документы в систему и фиксирует их за соответствующим структурным подразделением, предприятием.

Определение приоритета расположения документов в столбце «фактический экономический эффект» происходит в соответствии с размером экономического эффекта – чем он больше, тем выше предложение, а в столбце «положительный эффект» ранжирование происходит по количеству внедрений, чем оно выше, тем выше в списке располагается документ.

Для того чтобы определить порядок элементов, мы сравниваем их. На рисунке 2 представлен алгоритм логики ранжирования списков с фактически экономическим эффектом и положительным эффектом в разрабатываемом модуле.

Узлы алгоритма, помеченные как i и j , представляют собой сравнение двух элементов - d_i , d_j :

- Если $d_i \geq d_j$, то документ d_i располагается выше документа d_j по приоритету.
- Если $d_i < d_j$, то документ d_j располагается выше документа d_i по приоритету.

Представим пример работы алгоритма с помощью дерева решений. Предположим, что модулю необходимо решить задачу сортировки 3х документов $\{d_1, d_2, d_3\}$. Ключевая работа алгоритма заключается в перестановках, таких, что:

$$d_1 \leq d_2 \leq d_3$$

Предположим, что экономический эффект массива документов $\{d_1, d_2, d_3\} = \{9, 3, 6\}$ соответственно.

Составим дерево решений, при этом:

- Если $d_i \geq d_j$, то выполнение идёт по правой ветке.
- Если $d_i < d_j$, то по левой. [2]

Таким образом, дерево содержит все возможные варианты и определяет порядок расположения документов в списке по приоритету таким образом: $\{d_1, d_3, d_2\} = \{9, 6, 3\}$ соответственно.

Данный модуль позволит осуществлять пересылку внутри АСУ НТИ и автоматически сортировать загруженные документы, выявляя наиболее приоритетные для рассмотрения. Таким образом, предприятие сможет быстрее реагировать на выгодные для внедрения рационализаторские предложения и принимать соответствующие решения, освободит сотрудника от данных обязанностей и позволит ему вкладывать своё рабочее время в разрешение других задач, а работодателю за те же средства получать больший объем выполненных работ.

При внедрении модуля в организацию произойдет:

- экономия рабочих часов на единицу работы;
- исчезновение необходимости ручной сортировки предложений на почте;
- увеличение производительности персонала при той же оплате труда;
- сокращение временных затрат на внесение предложений в АСУ НТИ;
- сокращение влияния человеческого фактора;
- быстрая сортировка рационализаторских позиций в системе;
- ускорение информационных потоков;
- ответственность за загрузку документа с рационализаторским предложением в систему переложится на структурное подразделение, которое его разработало. Это позволит сократить вероятность утери документа и временных затрат на разбирательство.

Внедрение модуля станет выгодным не только руководству компании, но и в значительной степени работникам, которые смогут свободно и в кратчайшие сроки разместить рационализаторское предложение напрямую в АСУ НТИ без необходимости использования промежуточного звена в виде специалиста, занимающегося обработкой почты, сортировкой, занесением.

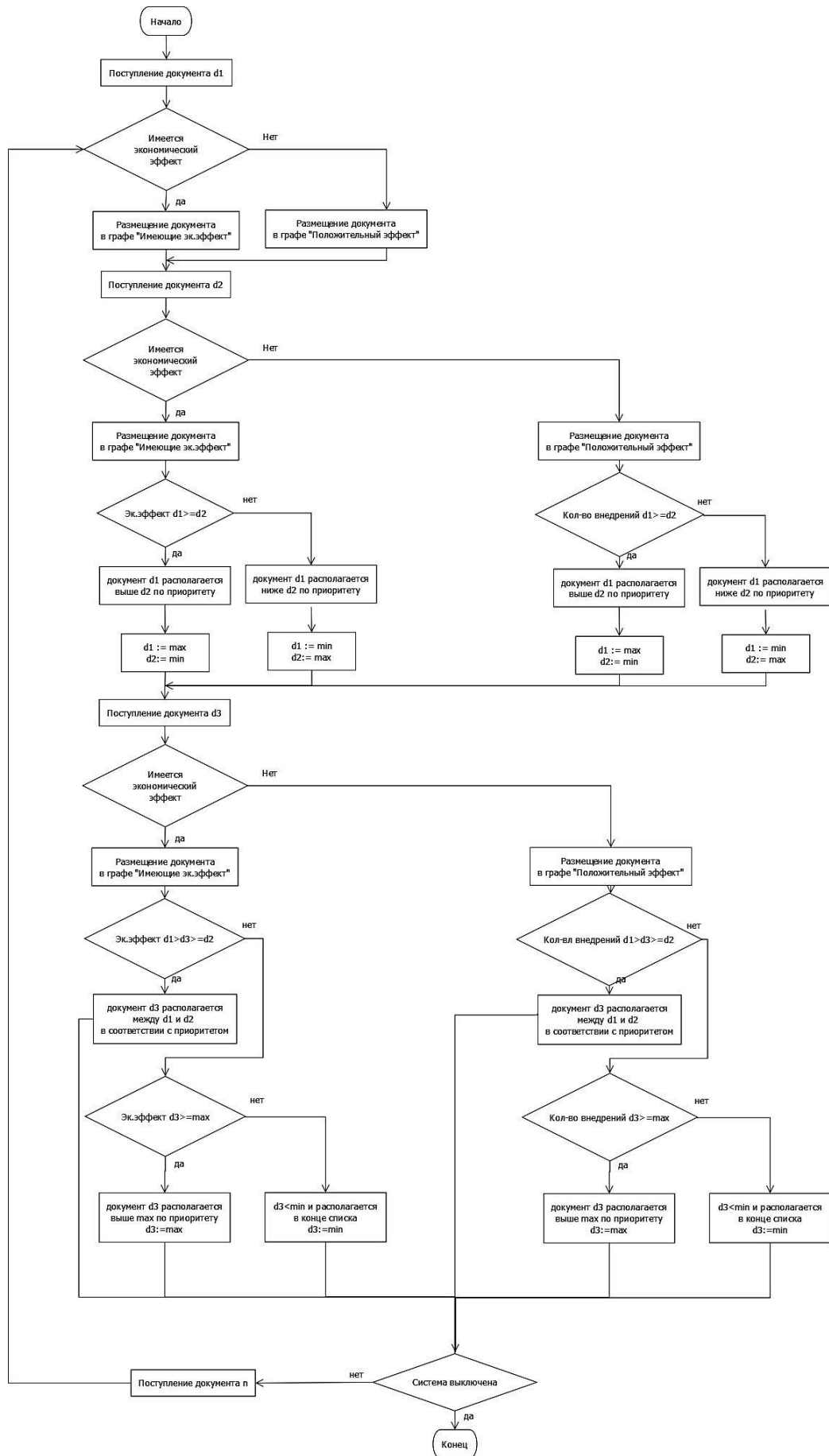


Рис. 2 Алгоритм логики ранжирования списков с фактическим экономическим эффектом и положительным эффектом в разрабатываемом модуле

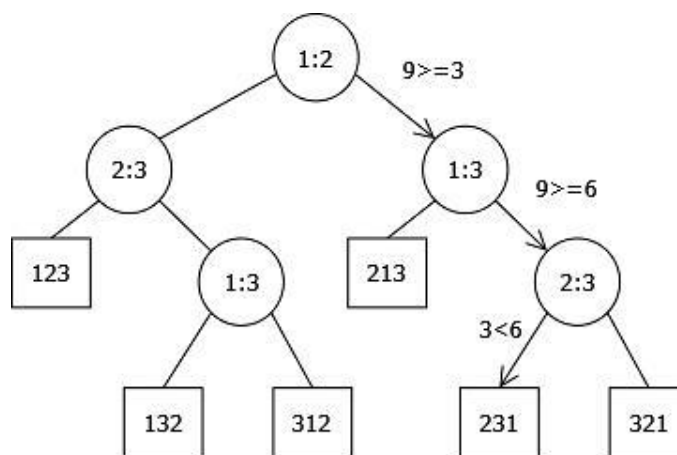


Рис. 3. Дерево принятия решений

При разработке описанного в данной работе модуля, станет возможным прямое добавление документов в АСУ НТИ из структурных подразделений. Система самостоятельно добавит документы в список на рассмотрение и отсортирует согласно уровню экономического или положительного эффекта. Оценка эффективности разрабатываемой системы позволяет оценить её как положительную.

Список литературы

1. Moscow, Moscow State Technical University of Civil Aviation Розенберг Е. Модель и инструменты реализации цифрового транспорта на примере российских железных дорог [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.connect-wit.ru/model-i-instrumenty-realizatsii-tsifrovogo-transporta-na-primere-rossijskih-zheleznyh-dorog.html> - (дата обращения: 10.12.2021)
2. Смирнов. О. Построение и анализ алгоритмов – Лекция 5. Сортировка за линейное время / О. Смирнов // 2011, с. 2-3

УДК 004

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММ ДЛЯ 3D МОДЕЛИРОВАНИЯ В СФЕРЕ ТРАНСПОРТА

Терехин П.А.

Калуга, Калужский государственный университет

Аннотация. 3D моделирование на сегодняшний день, играет весьма существенную роль в жизни общества, оно широко используется в сфере создания транспорта, архитектурного дизайна, кинематографа, в маркетинге и промышленности. 3D-моделирование позволяет сделать прототип будущего сооружения, прототип рекламируемого продукта в объёмном формате и многое другое. Важную роль 3D моделирование играет при проведении презентации и демонстрации какого-либо продукта или услуги. Возможности 3D-моделирования можно применить почти в любой отрасли.

Ключевые слова: 3D моделирование, транспорт, Autodesk 3ds Max, Maya, Blender.

APPLICATION OF PROGRAMS FOR 3D MODELING IN THE FIELD OF TRANSPORT

Terekhin P.A.

Kaluga, Kaluga State University

Abstract. 3D modeling today plays a very significant role in the life of society, it is widely used in the field of transport, architectural design, cinema, marketing and industry. 3D modeling allows you to make a prototype of the future structure, a prototype of the advertised product in a three-dimensional format, and much more. 3D modeling plays an important role in the presentation and demonstration of a product or service. 3D modeling capabilities can be applied in almost any industry.

Keywords. 3D modeling, transport, Autodesk 3ds Max, Maya, Blender.

По своей сути, 3D-моделирование - это совершенно новый вид искусства, и также как у любого искусства, у каждого мастера, будь то инженер, архитектор, дизайнер или композитор должен быть свой рабочий стол с подготовленными для создания чего-то нового инструментами [2]. И всё же из чего состоит этот инструментаж, доступен ли для изучения он общим массам или же является участием избранных.

Вероятно, главный инструментом в арсенале 3D моделилера были и остаются графические 3D редакторы, в принципе без них эта профессия и не появилась бы вовсе.

Редакторы 3D-графики предназначены для создания моделей, анимации и целых фильмов. От самых простых аналогов до сложных 3D-студий. К самым лучшим и востребованными на рынке труда являются такие программы, как Autodesk 3ds Max, Maya, Blender. Программы общей специализации, в которых встроены хорошие движки физики, работы с сеткой, системы анимирования и композинга и всё же в некоторых аспектах они проигрывают и которые проигрывают программам узкого спектра.

3Ds Max – это программное обеспечение для 3D-моделирования, анимации и рендеринга, созданное и разработанное для игр и визуализации дизайна.

Среди всех нынче существующих программ, знание данного софта является наиболее респектабельным, в следствии своей инновационности в технологическом плане по сравнению с конкурентами, которым приходится равняться на неё. Перечислим минусы программы:

- Сложность. Поскольку программа профессиональная, она требует навыков и знаний [1].
- Высокие требования. Компьютер должен быть по-настоящему мощным.
- Высокая цена. Для того, чтобы получать прибыль с продуктов программы, нужно купить лицензию, а она стоит не дешево.

Хотя минусы являются всё равно остаются незначительными, по сравнению с возможностями, которые она даёт:

- 3D анимация и динамика.
- Общие инструменты анимации.
- Инструменты анимации персонажей и оснастки.
- Многоканальный трекинг.
- Редактор потока частиц.

Autodesk Raytracer Renderer (ART):

- Настраиваемый интерфейс, рабочий процесс и конвейер.
- Конвертер Сцен.
- Библиотека активов.
- Smart Asset Packaging.
- Настраиваемые рабочие пространства.
- Улучшенная интеграция инструментов конвейера.
- Прямая ссылка с игровым движком Stingray.
- Поддержка дисплея с высоким разрешением.
- 3D моделирование, текстурирование и эффекты.

- Моделирование сетки и поверхности.
- Назначение и редактирование текстуры.
- Модификатор канала данных.
- Модификатор волос и меха.

Еще одна программа, которая пригодится 3D – моделлеру, это Autodesk Maya - редактор трёхмерной графики. В настоящее время стала стандартом 3D графики в кино и телевидении. Autodesk Maya оснащена разноплановыми инструментами для качественной и удобной работы с трёхмерной графикой. В ней можно найти все, что угодно требовательному моделлеру, а также подобрать собственный алгоритм действий. Короткий перечень того, что предлагает приложение:

- Работа с кривыми, в том числе NURBS;
- Продвинутый скульптинг
- Полигональное моделирование, возможность ретопологии;
- Несколько способов наложения материалов, текстур, а также удобный UV-маппинг (развертка);
- В версии Autodesk Maya 2016 имеются инструменты для скульптинга, подобные кистям ZBrush. Причем скульптинг здесь применим также для моделирования простого ландшафта;
- Ряд инструментов для создания анимации высокого качества. Есть возможность проанимировать даже отдельную прядь волос;
- Динамика твердых и мягких тел;
- Уникальные инструменты для создания реалистичных волос и шерсти;
- Симуляция жидкости;
- Создание спецэффектов (дым, облака, атмосферные эффекты);
- Визуализация как с помощью встроенных инструментов, так и дополнительных плагинов. К примеру, плагин V-Ray позволяет добиться фотореалистичной визуализации.

Минусы же практически идентичны с 3Ds Max-ом.

Blender 3D – бесплатный программный продукт, предназначенный для создания и редактирования трёхмерной графики.

Программа распространена на всех популярных платформах, имеет открытый исходный код и доступна совершенно бесплатно всем желающим, а также есть версия на русском языке.

Эти особенности сделали ее крайне популярной как среди начинающих пользователей, так и среди настоящих профессионалов моделирования. Софт нередко выбирается в качестве основного рабочего инструмента для больших и серьезных проектов [3, 4, 5].

В данном софте представлены практически все опции для редактирования 3D-сетки, рендеринга и композинга, а качество же данной программы практически не уступает платным аналогам, а в существующем функционале можно обнаружить комбинацию всего лучшего из представленных выше программ.

Среди возможных 3D проектов можно выделить: Дизайн Экстерьера и Интерьера, Создание 3D моделей товаров для маркетинга, 3D кинематография и анимация, создание игровых моделей, композинг иллюстраций, моделирование и скульптинг, как low poly, mid poly и high poly архитектурных проектов, моделей объектов, персонажей.

Такое разнообразие в возможностях, представляет прекрасную возможность специалистам реализовать свой творческий потенциал, выполняя собственные или заказные проекты.

Плюсы:

1. Универсальность.
2. Быстрота.
3. Рендер cycles, на достаточно высоком уровне реализующий особенности материалом и симуляцию света и тени.
4. Движок eevee, быстрый графический движок.
5. Функциональность, способность работы с кодом и модификациями
6. Доступность, новичкам.

Из существенных минусов можно отметить полное отсутствие качественных встроенных движков спец эффектов, и симуляции жидкости, в следствии чего пользователю потребуются либо достаточно высокие знания программирования, либо достаточно существенно потратиться на рынке модификаций

ZBrush - программа для 3D [моделирования](#), созданная компанией [Pixologic](#). Отличительной особенностью данного ПО является имитация процесса «лепки» трёхмерной скульптуры. Благодаря встроенной технологии рендеринга обычному пользователю не приходится сталкиваться с проблемой теней, а благодаря встроенной системы развёртки пользователь может раскрасить проект по своему рассмотрению.

Проекты, сделанные в zbrush нередко переносят в другие графические редакторы, где их уже дополняют либо проводят ретопологию, для использования в проектах большего масштаба, таких как кино, телевидение, геймдев.

Плюсы:

- Один из самых продвинутых редакторов лепки и скульптинга на сегодняшний день.
- Встроенный рендер и способность редактировать материалы.
- Разнообразие доступных видов кистей.
- Продвинутый экспорт в другие графические редакторы.
- Целостная базовая топология.
- Упругость в изменении количества полигонов.

Минусы:

- Требовательный.
- Достаточно тяжёлый для освоения интерфейса.
- Необходимость в чётких и практически научных знаниях об анатомии и форме.
- Цена для частного предпринимателя за продукт доходит до 80000 тысяч и более в год.

Производственные программы.

Для решения уже таких конкретных производственных задач, пользователю желательно уметь работать со следующими программами: AutoCad и ArchiCad.

Материалы и редакторы изображений. В любой завершённой творческой работе, сделанной с помощью графических редакторов, существуют конкретные текстуры, выполняющие ту или иную поставленную задачу, в ином случае многие графические проекты выглядели бы пусто или нереалистично, потому для создания или редактуры текстур используют визуальные редакторы, такие как photoshop.

Как же связывает 3D-моделлер, или конкретная программа столь разношёрстные программы между собой для выполнения конкретных задач. В пример можно рассмотреть несколько конкретных алгоритмов при решении той или иной конкретной задачи.

Допустим от специалиста требуется выполнить проект в сфере машиностроения: Построить модель для презентации нового автомобиля. Так перед ним встаёт первый вопрос. Требуется ли академическая точность всех деталей, будут ли по его модели делать автомобили на производстве. В нашем случае как было сказано выше, ему нужно подготовить выступление, потому вариант с использованием Autocad Mechanical отпадает сам. Допустим среди доступных графических редакторов он выбирает 3Ds Max. В процессе моделирования он может использовать PureRF, для работы с референсами и также разнообразные генераторы ландшафта для создания сцены. После создания модели приходит момент её раскраски, в некоторых случаях можно использовать встроенные инструмента покраски и создания отдельных материалов, а в другом случае придётся импортировать текстуры сделанные или отредактированные в photoshop, далее производится композиция сцены, анимирование и запись. Также следует упомянуть, что при создании больших проектов студиями, принято разделять обязанности на специалистов в той или иной области, а не сваливать всё на одного.

Специалисту нужно сделать небольшую 3d анимацию с человеком в ней, для этого ему можно воспользоваться purerf, для просмотра референсов и сделать скульптуру человека в Zbrush, импортировать её в графический редактор, где он может отредактировать топологию

для улучшения производительности, скорости рендеринга или изменить материалы по своему усмотрению. Сделать анимацию и завершить проект

3D моделирование - это многогранная сфера деятельности человека, которая растёт невероятно большими темпами, разнообразие софта не поддаётся сравнению, а умелое использование и комбинирование разных программ между собой позволяют ускорить, облегчить задачу и достигнуть желаемого при создании проекта любой сложности.

Список литературы

1. Development of a simulation model for the spread of COVID-19 coronavirus infection in Kaluga region / A. Tkachenko, D. Lavrentev, M. Denisenko, V. Kuznetsova // E3S Web of Conferences, Almaty, 20–21 мая 2021 года. – Almaty, 2021. – DOI 10.1051/e3sconf/202127001003.
2. Испирян, Р. А. Принятие управленческих решений посредством системы технического диагностирования / Р. А. Испирян, А. Л. Ткаченко // Развитие управленческих и информационных технологий, их роль в региональной экономике : материалы II Международной открытой научно-практической конференции, Калуга, 21–22 апреля 2016 года / Под редакцией: Пироговой Т.Э., Швецовоу С.Т., Орловцевоу О.М. – Калуга: ООО "ТРИП", 2016. – С. 95-102.
3. Испирян, Р. А. Управление эксплуатацией грузоподъёмных машин посредством математического моделирования остаточного ресурса металлоконструкции / Р. А. Испирян, А. Л. Ткаченко // Математическое моделирование в экономике, управлении и образовании : сборник научных статей по материалам III Международной научно-практической конференции, Калуга, 16–17 ноября 2017 года. – Калуга: ООО "ТРИП", 2017. – С. 31-35.
4. Ткаченко, А. Л. Анализ и рекомендации по выбору аналитической платформы / А. Л. Ткаченко, И. А. Лыгин, В. И. Кузнецова // Заметки ученого. – 2021. – № 7-1. – С. 51-54.
5. Ткаченко, А. Л. Применение искусственного интеллекта в управленческих информационных системах / А. Л. Ткаченко // Развитие управленческих и информационных технологий, их роль в региональной экономике : материалы II Международной открытой научно-практической конференции, Калуга, 21–22 апреля 2016 года / Под редакцией: Пироговоу Т.Э., Швецовоу С.Т., Орловцевоу О.М. – Калуга: ООО "ТРИП", 2016. – С. 147-153.

УДК 004.415.2

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС «ПСИХОЛОГИЧЕСКИЙ ПОРТРЕТ СПЕЦИАЛИСТА ОАО «РЖД» Папировская Л.И., Чертыковцева Н.В., Бусаргина К.А.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. Разработан программный комплекс учета и анализа влияния человеческого фактора на отказы технических средств, нарушения технологического процесса. При проектировании программного комплекса «Психологический портрет специалиста ОАО РЖД» основной упор делался на реализацию функции подбора тестов согласно профессиональным компетенциям. Предлагаемое техническое решение позволяет выявлять наличие определенных тенденций во взаимодействии техники, технологии, персонала и предоставлять информацию по психологическому портрету сотрудника, предусмотрена возможность доступа к программному комплексу через сеть Intranet.

Ключевые слова: социотехническая модель, техническая подсистема, социальная подсистема, отказы, метод анализа иерархий, программный комплекс.

THE PROGRAM COMPLEX "PSYCHOLOGICAL PORTRAIT OF A SPECIALIST OF JSC "RUSSIAN RAILWAYS"

L.I. Papirovskaia, N.V. Chertykovtseva, K.A. Busargina

Samara State Transport University

A software package has been developed for accounting and analyzing the influence of the human factor on failures of technical means, violations of the technological process. When designing the software package "Psychological portrait of a specialist of JSC Russian Railways", the main emphasis was placed on the implementation of the function of selecting tests according to professional competencies. The proposed technical solution makes it possible to identify the presence of certain trends in the interaction of equipment, technology, personnel and provide information on the psychological profile of the employee, the possibility of access to the software complex via the Intranet network is provided.

Keywords: sociotechnical model, technical subsystem, social subsystem, rejections, hierarchy analysis method, software package.

Введение

Социотехническая модель - это одновременно и высокосложная техническая система со всеми сопутствующими предпосылками целенаправленного проектирования, основанного на научных и инженерных принципах, и динамичная человеческая организация, спроектированная с осознанностью, с возникающими социальными отношениями и поведением. Социотехническая модель – это сопоставление факта взаимодействия техники-технологии-человека, три компонента одной цепочки в управлении предприятием. В настоящее время идет процесс накопления информации, знаний в этом взаимодействии, определения процессной модели и понимания «как быть», «что-делать». В задачах такого рода при обосновании решений, как правило, применяются экспертные системы, моделирующие рассуждение эксперта в определенной предметной области, и системы поддержки принятия решений.

Актуальность работы обоснована развитием современных подходов в системах управления подразделений холдинга ОАО «РЖД» в части формирования позитивной среды культуры безопасности на основании Методических рекомендаций по развитию культуры безопасности на основе построения в холдинге «РЖД» социотехнической модели взаимодействия персонала, техники и технологии (утверждены распоряжением ОАО «РЖД» от 03.12.2019г. №2711/п) [1]. В развитие социотехнической модели взаимодействия техники, технологии и персонала службами управления персоналом проводится анализ отказов технических средств и технологических нарушений по виновным работникам ОАО «РЖД» [2,3,4]. На железнодорожном транспорте широко используется большое количество технических средств, надежность которых напрямую зависит от влияния человеческого фактора. Основным показателем, характеризующим качественную работу железной дороги, является количество случаев отказов технических средств и нарушений технологического процесса. Человеческий фактор и профессионализм участников технологических процессов оказывают существенное влияние на эффективность эксплуатации техники. Человек, так или иначе, является причиной около трети выходов из строя технических средств. На железнодорожном транспорте в процессе реформы решен ряд проблем по управлению человеческим фактором, но в технической сфере инфраструктурного комплекса проблемы не решены. Поэтому представляется актуальной разработка программного модуля «Психологический портрет специалиста ОАО «РЖД» позволяющего: 1) оценивать возможности человека выполнять обязанности, связанные с должностью и профессией; 2) выявлять такие негативные факторы влияния как привыкание, выгорание, усталость; 3) формировать пул возможных решений для руководителей ОАО «РЖД» в части повышения мотивации сотрудников.

Материалы и методы

Формирование показателей качества продукции и производительности труда обеспечивает внедрение социотехнической системы в организацию производства. В данном случае речь идет о современном представлении любой системы, функционирующей в рамках производственного, управленческого, организационного цикла, которая включает в себя непрерывное взаимодействие двух основных подсистем: технической и социальной подсистемы.

Техническая подсистема железнодорожного транспорта включает в себя средства автоматизации, телемеханики, связи, объекты пути и искусственные сооружения, технические средства оснащения локомотивов и т.д., также технологические процессы, определяющие работу с оборудованием, навыки работы, уровни классификации специалистов. Основное внимание уделяется повышению роли организации труда в использовании технологии и оборудования, механизации и автоматизации процессов обслуживания производства. Такой подход призван обеспечить улучшение существующего производственного процесса.

Социальная подсистема создает условия, чтобы техническая подсистема могла работать корректно. В составе данной подсистемы: управление персоналом, кадровая политика, распределение между субъектами выполняемых функций и уровня ответственности. На практике это означает, что разрабатываются и внедряются эффективные системы оплаты труда, осуществляется планирование на долгосрочную перспективу, определяются направления, чтобы повышать квалификацию персонала. Социальная и техническая подсистемы взаимодействуют между собой, обеспечивая продуктивное взаимодействие человека и технической подсистемы. Структура такой социотехнической системы представлена на рис. 1 [5,6].

Техническая подсистема и технологические процессы определяют само производство и условия (производственные компетенции) работы и техобслуживания. В ОАО «РЖД» они поддерживаются программно-аппаратными комплексами, где формируются не только управляющие воздействия, но и учитываются отказы, нарушения и проводится расследование причин [7,8].

Социальная подсистема определяет способы, методы мотивации человека на карьерный рост.

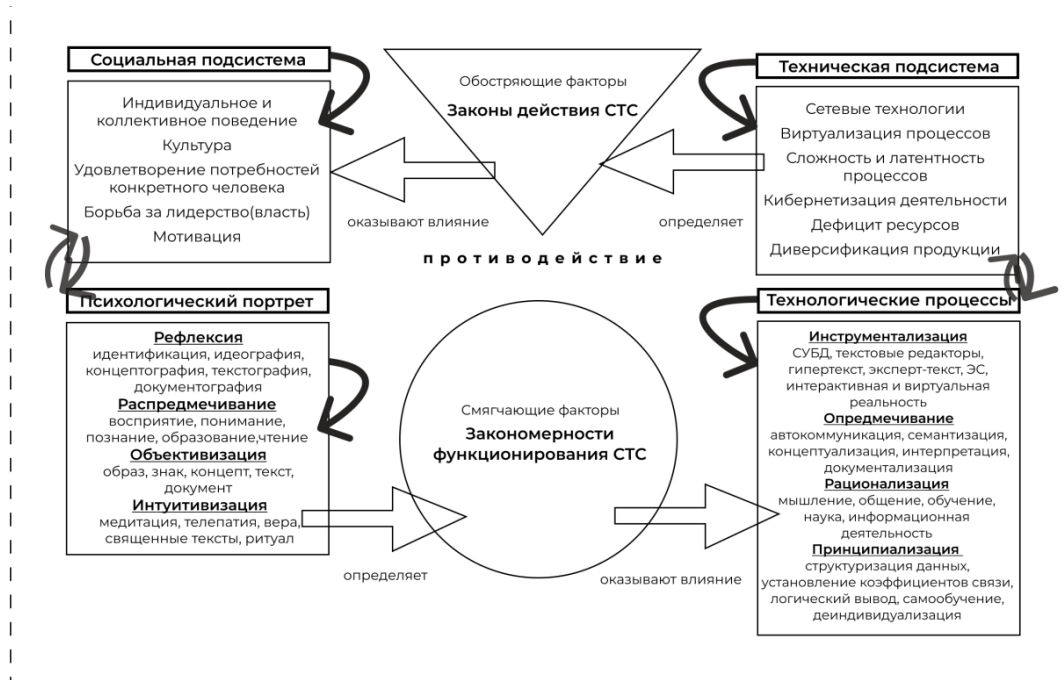


Рис. 1. Обобщенная структура социотехнической системы

Подсистема «Психологический портрет» дает понимание об освоении человеком производственных компетенций и участия в производственных процессах, согласно направлению в

работе и должности. Цель функционирования социотехнической системы закладывается на этапе ее проектирования и либо остается неизменной на всем протяжении функционирования системы, либо может быть скорректирована в зависимости от изменения условий окружающей среды и, как следствие, уточнения требований к системе. Такая вариативность усложняет задачу описания подобных систем и составление прогнозов их функционирования. При проектировании следует учитывать, что главной частью системы является человек и в его поведении есть важная особенность – целенаправленность его поведения, и именно наличие этой особенности может позволить прогнозировать поведение системы и определять ее результативность. Учет таких особенностей поведения человека, как наличие конечной цели в его деятельности, а также возможный обмен ролями с информационными процессами, позволяет построить систему управления информационными рисками, которая будет осуществлять постоянный контроль и мониторинг действий пользователя и оценку полученных им результатов [9].

В настоящее время специалисты службы по управлению персоналом собирают информацию по предприятиям железной дороги, которая предоставляется в виде таблиц, аккумулируют ее, анализируют, справки с результатами анализа отправляют в вышестоящие организации. На рисунке 2 представлена действующая схема взаимодействия автоматизированных систем сбора и обработки информации, применяемых в компании ОАО «РЖД» для управления трудовыми ресурсами.

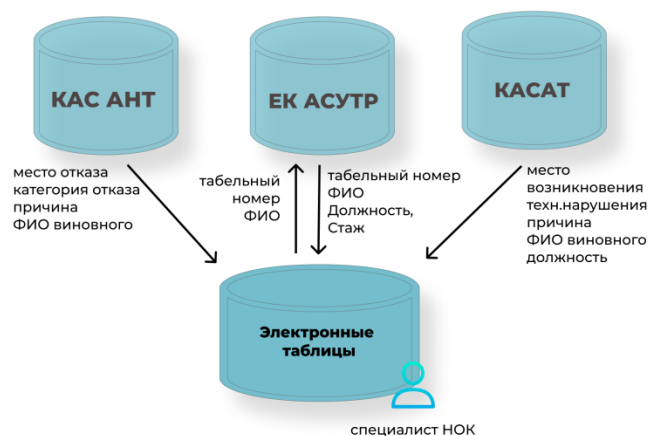


Рис. 2. Схема существующего сбора и анализа данных

В соответствии с Порядком, утвержденным распоряжением ОАО «РЖД» от 19 августа 2016 г. № 1693р необходимо обеспечить:

- сравнительный анализ отказов и нарушений по виновным работникам: по фамильному на линейном уровне, и по должностям на региональном уровне управления;
- сравнительный анализ отказов и нарушений по стажу работы виновного работника в должности (до 1 года, 1-3 года, 3-5 лет, 5-10 лет, 10-20 лет, более 20 лет);
- сравнительный анализ отказов и нарушений по рабочим бригадам (для линейных предприятий, работа коллективов которых организована бригадным способом - бригада ПТО, бригада хозяйства пути и т.д.).

Анализ отказов технических средств проводился по двум критериям: а) по виновным работникам по должностям. В этой группе в основном лидируют отказы деградационного характера, а также «дорожный мастер» по должности; б) по стажу работы. В этой группе лидерами являются сотрудники со стажем работы от 3 до 5 лет и от 10 до 20 лет, у которых 23 и 17 отказов соответственно.

Анализ технологических нарушений проводился: а) по должностям виновных работников и здесь лидируют диспетчер поездной, у которого 1993 технологических нарушения, ашинист – 104 нарушения и дежурный по станции – 208 нарушений; б) по стажу работы, где лидерами являются сотрудники со стажем работы от 1 до 3 лет и от 5 до 10 лет.

Оценку значимости причин ошибок специалиста в системе «человек-технология-техника» обычно выполняют на основе метода анализа иерархий. В рассматриваемом случае предполагается решение задачи для двух уровней иерархии по выбору из трех альтернатив по трем критериям. Для анализа сформулированы следующие критерии: сложность выявления; эффективность устранения; частота проявления.

Результаты и обсуждение

Одним из элементов взаимодействия в системы «человек-технология-техника» является процесс или система тестирования, выявляющая способность человека выполнять производственные компетенции, поэтому при проектировании программного комплекса «Психологический портрет специалиста ОАО РЖД» основной упор делался на реализацию функции подбора тестов согласно профессиональным компетенциям. Программный комплекс «Психологический портрет специалиста ОАО РЖД» представляет собой традиционное клиент-серверное приложение и имеет трехуровневую архитектуру (рисунок 3). Использование web-технологии позволяет реализовывать всю обработку данных на сервере, что позволяет облегчить работу «клиентов»; организовывать обмен данными с помощью интернета; упростить централизованное управление как «клиентов», так и серверов.

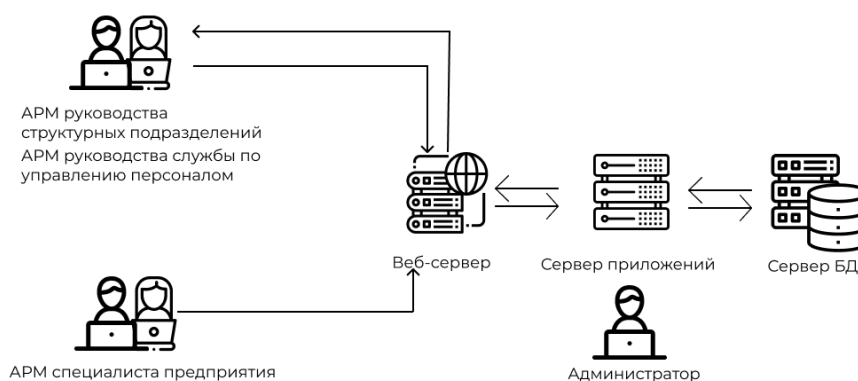


Рис. 3. Архитектура программного комплекса «Психологический портрет специалиста ОАО РЖД»

Алгоритм работы системы следующий:

- 1) конвертация информации по результатам расследования отказов технических средств из программных комплексов КАСАНТ, КАСАТ;
- 2) анализ базы данных результатов расследования на предмет участия определенного специалиста в проведении эксплуатационных и ремонтных работ;
- 3) формирование необходимых данных по специалисту, допустившему нарушение безопасности из Единой корпоративной автоматизированной системы управления трудовыми ресурсами;
- 4) формирование архива данных;
- 5) проведение тестирования человека по профессиональной пригодности
- 6) проведение анализа причин, определение критериев, по которым возможно отнесение случаев отказа технических средств к случаям, произошедшим по вине человека по его недостаточной профессиональной некомпетентности (усталости и др.).

Программный комплекс «Психологический портрет специалиста ОАО «РЖД» позволяет предоставлять информацию для принятия решений специалистами по управлению персоналом и руководства профильных подразделений ОАО «РЖД» (дирекции, службы, предприятия), отвечающих за работу железнодорожного транспорта (рис. 4). Разработанный прототип информационной системы учета и анализа влияния человеческого фактора позволяет:

- конвертировать информацию по результатам расследования отказов технических средств, технологических нарушений КАСАНТ, КАСАТ на предмет участия определенного специалиста в проведении эксплуатационных или ремонтных работ;
- формировать необходимые данные по специалисту из Единой корпоративной автоматизированной системы управления трудовыми ресурсами;
- проводить тестирования человека по профессиональной пригодности.

Примеры результатов тестирования приведены на рисунке 6.

The screenshot shows a web browser window with a URL of localhost/Diplomki/humanfact.php. The page title is 'Психологический портрет специалиста ОАО «РЖД»'. On the left is a dark sidebar menu with options: 'ИС учета и анализа Психологический портрет специалиста ОАО «РЖД»', 'НСИ тестов', 'Добавить тест', 'Сотрудники', 'Просмотр отчетов', 'Каталог тестов', 'Рекомендация', and 'Выход'. The main content area is titled 'Просмотр отчетов' and contains a table with the following data:

Код	ФИО	Структ.подразделение	Должность	Код теста	Дата прохождения	Результат
1	Завьялов И.В.	ТЧЗ-10 Карасук	Дежурный по станции	3	21.03.2021	Результат
2	Сидоров А.М.	ТЧЗ-12 Тайга	Бригадир	2	25.03.2021	Результат
3	Глухов С.В.	ТЧЗ-10 Карасук	Главный механик	2	29.03.2021	Результат
4	Матвейчев Р.Е.	ТЧЗ-10 Карасук	Электромеханик	1	29.03.2021	Результат
5	Подусов В.Н.	ТЧЗ-12 Тайга	Слесарь ТПС	3	11.04.2021	Результат

Рис. 4. Пример экранной формы «Просмотр отчетов»

В разработанном программном обеспечении выполнены требования к информационной и программной совместимости, условиям эксплуатации, надежности и защите конфиденциальных данных. Обеспечение защиты информации решено посредством подсистемы обеспечения информационной безопасности автоматизированной системы управления трудовыми ресурсами, которая базируется на технологии многоуровневой защиты и учитывает административные, организационные, программно-технические меры и средства обеспечения безопасности информации в процессе ее хранения, обработки и передачи по каналам связи. Следует отметить, что важным аспектом системы защиты от несанкционированного доступа является то, что она не ограничивает возможности программных комплексов ОАО «РЖД» по выполнению функциональных задач в реальном масштабе времени. При разработке подсистемы защиты информации были использованы встроенные функции разграничения доступа программно-аппаратных средств, которые поддерживают функции ежедневного резервного копирования данных и хранения недельного объема накопленных изменений данных, а также обеспечены безопасное подключение к внешним сетям передачи данных и интерфейсы межсетевое взаимодействия.

Список литературы

1. Методические рекомендации по развитию культуры безопасности на основе построения в холдинге «РЖД» социотехнической модели взаимодействия персонала, техники и технологии утверждены распоряжением ОАО «РЖД» от 03.12.2019г. №2711/р [текст]
2. Методические указания по определению влияния персонала ОАО «РЖД» на отказы в работе технических средств, утвержденные распоряжением ОАО «РЖД» от 10.09.2015 № 2204р.
3. Положение об учете, расследовании и анализе отказов в работе технических средств на инфраструктуре ОАО "РЖД" с использованием автоматизированной системы КАСАНТ, 2018 [текст]

4. Положение об учете, расследовании и анализе технологических нарушений в перевозочном процессе на инфраструктуре ОАО "РЖД" с использованием автоматизированной системы КАСАТ, 2018
5. Остапенко Г.А., Мешкова Е.А. Информационные операции и атаки в социотехнических системах: организационно-правовые аспекты противодействия: учебное пособие / под ред. Ю.Н. Лаврухина. – М.: Горячая линия-Телеком, 2007 – 295 с.
6. Корганова, О. Г. Модель управления информационными рисками социотехнической системы на основе поведенческих особенностей человека / О. Г. Корганова, И. Е. Панфилова // Сборник научных трудов Новосибирского государственного технического университета. – 2020. – № 1-2(97). – С. 89-98. – DOI 10.17212/2307-6879-2020-1-2-89-98.
7. Развитие системы управления перевозочным процессом и транспортной логистики Эрлих Н.В., Папиловская Л.И., Чурсин О.В. // Актуальные проблемы развития транспортного комплекса: труды IV международной научно-практической конференции. Самара: СамГУПС, 2008. С. 44-46.
8. Учет, расследование и анализ технологических нарушений в ОАО «РЖД» Папиловская Л.И., Ефимова Т.Б., Эрлих Н.В., Кондрашкин М.В. // Вестник транспорта Поволжья. Самара: СамГУПС, 2014. С. 51-57.
9. Оленцевич В.А., Гуд Ю.О. Необходимость использования системного подхода к управлению человеческими ресурсами в ЖДТС // Наука сегодня: реальность и перспективы: материалы межд. науч.-практ. конф., Вологда, 2019. С. 24-26.

СЕКЦИЯ 5

Инновационные методы управления в транспортно-логистических системах

УДК 332

КОНЦЕПЦИЯ «УМНЫЙ ТРАНСПОРТ» В ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА ЕВРОПЕЙСКОГО СОЮЗА

Болгов С.А., Болгова Е.В.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. Представлены результаты анализа стратегических направлений цифровой трансформации железнодорожного транспорта в Европейском союзе, как опыта цифровизации, актуального в разработке документов стратегического планирования развития железнодорожного транспорта в РФ.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, цифровая трансформация, направления.

THE "SMART TRANSPORT" CONCEPT IN THE DIGITAL TRANSFORMATION OF THE EUROPEAN UNION RAILWAY TRANSPORT

Bolgov S.A., Bolgova E.V.

Samara, Samara State Transport University

Abstract: presents the results of the analysis of the strategic directions of the digital transformation of railway transport in the European Union, as an experience of digitalization, relevant in the development of strategic planning documents for the development of railway transport in the Russian Federation.

Key words: rail transport, digital transformation, directions

Цифровые технологии - ключевой фактор повышения производительности железных дорог, а цифровые решения - источник преимуществ, как для клиентов, так и для бизнеса. Вместе с тем, асимметричная по транспортным компаниям и отдельным перевозчикам реализация направлений цифровой трансформации может создавать технические барьеры для доступа на рынок, препятствовать устойчивому развитию железнодорожных перевозок. Опыт Европейского союза (ЕС) в решении проблемы асимметрии основан на концепции «умный транспорт», общего перехода стран-участниц к цифровым железным дорогам средствами внедрения трех ключевых систем управления: (1) Европейской системы управления железнодорожным движением (ERTMS), (2) Европейской системы управления поездом (ETCS), (3) Системы мобильной связи «Железные дороги будущего» (FRMCS) [1, 2].

По сравнению с предыдущими классами систем, ERTMS обеспечивает более высокую безопасность, емкость и надежность, потенциальное снижение затрат на техническое обслуживание. Несмотря на то, что дискуссия о необходимости ERTMS ведется в ЕС уже почти 40 лет и ключевую роль в этих спорах играет аргумент о высоком вкладе железных дорог в сокращение выбросов парниковых газов, эффективность ERTMS уже не ставится под сомнение. Сама система рассматривается как магистральный ответ на запрос модернизации железнодорожного транспорта, цифровую трансформацию стареющих национальных систем управления железнодорожным движением, привлечение инвестиций в отрасль, формирование единой европейской железнодорожной зоны. В модернизации железнодорожных перевозок посредством цифровизации ERTMS стала важным европейским индустриальным проектом, «золотым

стандартом» для систем управления железнодорожным движением по всему миру. Руководящие принципы и 152 требования к железнодорожной инфраструктуре, установленные в ERTMS, будут полностью реализованы в транспортной сети ЕС к 2050 году [3].

Работа Европейской системы управления поездом (ETCS) в 2020 году охватывает 12% коридоров базовой сети и 63% коридоров опорной сети. К 2023 году эта сигнальная система должна быть развернута на 15 682 километрах пути, при 5 906 км уже существующей в 2020 году протяженности пути. Проблемы задержек во внедрении ETCS на железнодорожном транспорте связаны с высокой длительностью торгов и сложностью процедур поиска подрядчиков, недостаточным качеством технической документации, отсутствием опыта работы с ETCS. В решение проблемы включены структуры-координаторы, в частности, Европейский координатор по ERTMS и специально созданная в составе Европейской комиссии Управленческая команда (DMT), которые с 2017 года играют активную роль в мониторинге развертывания на железной дороге подсистем ETCS, в оказании мер поддержки [4].

Система мобильной связи «Железные дороги будущего» (FRMCS) создана для предоставления пассажирских услуг «с цифровым расширением». Развитие цифровой мобильности как пассажирской услуги требует высокого уровня интегрированности систем мобильной связи, как внутри стран-членов ЕС, так и за их пределами, предоставления людям услуг железнодорожных перевозок как устойчивой альтернативы использования личного автотранспорта. Целью внедрения FRMCS является эффективная интеграция железнодорожного пассажирского транспорта в широкую сеть общественного транспорта, что требует создания общей интегрированной по всем видам пассажирского транспорта (1) информационной системы, (2) системы продажи билетов. Расчет оплаты при разных схемах пассажирского трафика, наличие единого справочного стандарта, удобные технические интерфейсы для обмена данными, продажа «сквозных» билетов отражают потребности широкого круга пассажиров и являются коммерческим инструментом роста объемов пассажирских услуг. Доступность планируемой услуги, пассажирский сервис, информация о времени, ценообразовании, форме продажи билетов - некоторые информационные инструменты, которые уже разработаны для городского и пригородного железнодорожного транспорта. Для полного «цифрового расширения» оказания пассажирских услуг в рамках FRMCS планируется сделать информацию легко доступной для всех участники, включая пассажиров. В качестве инструментов решения такой задачи предусмотрено информирование пассажиров в режиме реального времени с определением времени и позиционированием рельсового, автомобильного, городского общественного транспорта по спутнику. Стандартизированную для разных видов пассажирского транспорта спутниковую позиционную навигацию, которая уже применяется в железнодорожной логистике, в аэрокосмической и оборонной отраслях, планируется включить в FRMCS к 2022 году. Билеты со смарт-картой позволят пассажирам иметь при себе проездной на поездку, линию или в пределах зоны, совершать неограниченное количество поездок в течение определенного периода. Предварительно загруженные в электронные кошельки билеты со смарт-картой будут разрешать оплату пассажирской услуги по мере использования в индивидуальной поездке. «Бесконтактный» платеж даст возможность пассажирам использовать кредитную или дебетовую карту, мобильный телефон, чтобы зарегистрировать начало и конец каждой поездки, своевременно оплачивать задолженность без предъявления своих билетов для контроля. Основанные не на билетных кассах, а на приложениях для мобильных телефонов, с проверкой своевременности оплаты и постоянной локализацией пассажира, системы развернуты и подтвердили свою эффективность в Нидерландах. Для полного внедрения FRMCS требуется, однако, сформировать равные условия для железнодорожных операторов, а также для компаний, осуществляющих пассажирские авиа- и автомобильные перевозки в процедурах бронирования билетов. Полный технический и коммерческий доступ к существующей Европейской платформе бронирования билетов для железнодорожных пассажирских операторов, позволит сформировать полное расписание, банк информации о ценах с учетом возможности заблаговременного бронирования, исключить ситуацию, когда авиакомпании предлагают бронирование на 1 год вперед, а железные дороги лишь на 3 месяца. Рамочные соглашения между операторами разных

видов пассажирских перевозок нуждаются в изменениях. На основе точной локализации пассажира, позиционирования транспортного средства эти соглашения укажут пассажиру через веб-сайты, приложения возможности скорректированного трафика (в случае сбоев в железнодорожном движении), проинформируют продавца билетов о том, на каких условиях пассажир совершает поездку и какому оператору должны быть распределены его тарифы. Цифровые проекты в грузовых железнодорожных перевозках, финансируемые ЕС, охватывают два направления работы. Проект «Безбумажный транспорт» Европейской комиссии предоставляет технические консультации с целью создания надежной, эффективной и безопасной среды обмена информацией, связанной с транспортом, между предприятиями и властями. Проект «Информационные системы грузовых перевозок по транспортным коридорам» разрабатывает общую основу для безбарьерного обмена данными между всеми типами участников мультимодальных грузовых перевозок и логистических цепочек. В конечном итоге FRMCS позволяет транспортным операторам железнодорожного транспорта избежать фрагментации рынка, пассажиру и клиенту грузовых железнодорожных услуг выбрать наиболее подходящее предложение.

Список литературы

1. Мобильность и транспорт. - [Электронный источник]. – URL: <https://transport.ec.europa.eu/system> (Дата обращения 03.12.2021)
2. Фундаментальная трансформация транспорта: Европейская комиссия представляет свой план экологичной, интеллектуальной и доступной мобильности. - [Электронный источник]. – URL: https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/mobility-strategy_en (Дата обращения 04.12.2021)
3. Мониторинг железнодорожного рынка. - [Электронный источник]. – URL: https://transport.ec.europa.eu/transport-modes/rail/market/rail-market-monitoring-rmms_en (Дата обращения 04.12.2021)
4. Форум цифрового транспорта и логистики. - [Электронный источник]. – URL: https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/digital-transport-and-logistics-forum-dtlf/themes_en (Дата обращения 04.12.2021)

УДК 332

PRIME-МЕНЕДЖМЕНТ В ИННОВАЦИОННЫХ МЕТОДАХ УПРАВЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРОЙ ЕС

Болгова Е.В., Болгов С.А.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. Представлены направления использования в Российской Федерации опыта ЕС, накопленного в формировании инновационных методов управления развитием железнодорожной инфраструктуры; обоснована оценка, согласно которой в практике тактического управления железнодорожной инфраструктурой платформенные инструменты PRIME-менеджмента способны привести к росту ключевых показателей эффективности бизнеса, обозначенному в стратегических планах развития транспортной отрасли.

Ключевые слова: железнодорожная инфраструктура, инновационный менеджмент, методы управления.

**PRIME MANAGEMENT IN INNOVATIVE MANAGEMENT METHODS
OF THE EU RAILWAY INFRASTRUCTURE**

Bolgova E.V., Bolgov S.A.

Samara, Samara State Transport University

Abstract: the directions of using the EU experience accumulated in the formation of innovative methods of managing the development of railway infrastructure in the Russian Federation are presented; the assessment was substantiated according to which, in the practice of tactical management of railway infrastructure, PRIME-management platform tools can lead to an increase in key business performance indicators, indicated in the strategic plans for the development of the transport industry.

Keywords: railway infrastructure, innovation management, management methods

Модернизация железнодорожной инфраструктуры, предусмотренная в разделе 1 Комплексного плана модернизации и расширения магистральной инфраструктуры на период до 2024 года, предполагает набор стратегических решений, перспективы которых распространяются на горизонт долго- и долгосрочного планирования [1]. Обоснование указанных перспектив делает актуальным изучение успешного зарубежного опыта стратегического менеджмента, включая опыт экономически развитых территорий, к числу которых относится Европейский союз (ЕС). В документах стратегического планирования ЕС железнодорожная инфраструктура рассматривается как часть железнодорожного рынка, а одним из инструментов управления ее развитием является инновационный менеджмент железнодорожной инфраструктуры (PRIME) - целостная система мониторинга и платформенного менеджмента.

Мониторинг состояния железнодорожной инфраструктуры в составе железнодорожного рынка необходим как источник информации при разработке содержания, направлений реализации транспортной политики на уровне ЕС, на национальном уровне стран-участников, для формирования инновационных методов менеджмента [2]. Мониторинг охватывает систему показателей технических и экономических условий функционирования железнодорожной инфраструктуры, развития рынка железнодорожных перевозок в ЕС. Мониторинговый отчет включает характеристику и эффективность использования сетей, оценку рамочных условий функционирования транспортных операторов, анализ и распределение пропускной способности, инвестиции в железнодорожную инфраструктуру, цены и качество услуг, использование контрактов на государственные услуги, открытость рынка, степень его гармонизации, условия лицензирования, занятость и социальные условия. Отчет имеет основополагающее значение для понимания рыночных тенденций, принятия обоснованных политических решений, но также для финансирования отраслевых инициатив на основе сравнительного анализа ключевых показателей развития бизнеса (KPI).

Отчет, опубликованный в 2021 году, охватывает период 2015-2018 года, и потому не содержит детального анализа воздействия пандемии COVID – 19 на развитие сектора [3]. Вместе с тем, отчет фиксирует тенденции, сформированные на рынке грузовых услуг в 2020 году, такие как, сокращение числа пассажиров международных рейсов во время локдаунов, снижение общего спроса на перевозки из-за неопределенности и экономического спада. Основные тенденции развития железнодорожной инфраструктуры в ЕС-27, отмеченные в отчете, включают рост железнодорожных перевозок ежегодно на 2,5% по пассажирам и на 4,1% по перевозке грузов; увеличение «модальной доли» железных дорог в моде наземного транспорта с 7,6% до 7,8% по пассажирским перевозкам и снижение с 18,8% до 18,7% по грузовым. Тот факт, что на железную дорогу приходилось всего 0,4% выбросов парниковых газов в общем объеме транспортных выбросов и 2% потребления энергии, расценивается как положительный в экологическом развитии. Длина высокоскоростной сети увеличилась на 17%; общая протяженность путей, объявленных перегруженными, увеличилась более чем вдвое; средняя рыноч-

ная доля национальных операторов составляла 42% рынков железнодорожных грузовых перевозок (рост на 8 процентных пунктов); 10% рынков пассажирских перевозок (рост на 2 процентных пункта). Железнодорожный транспорт остается одним из самых безопасных видов транспорта; путешествие на автомобиле почти в 50 раз рискованнее, чем поездка на поезде.

Железнодорожная инфраструктура рассматривается фактором устойчивого экологического развития территорий, поскольку сравнительно меньше загрязняет окружающую среду и является более энергоэффективной, чем другие моторизованные транспортные средства. Порядка 56% железнодорожной сети ЕС было электрифицировано в 2018 году, что на 855 километров больше, чем в 2015 году (рост составил 1,2%). Объем пассажирских перевозок увеличивался ежегодно на 2,5% и составил в 2018 году 404 млрд пассажиро-км. из порядка 5 трлн пассажиро-километров для наземного транспорта; грузовых - на 4,1%. Каждый гражданин из 27 стран ЕС ежегодно преодолевает в среднем 909 пассажиро-км.; в анализируемом периоде доля легковых автомобилей в наземном пассажирском транспорте ЕС-27 увеличилась с 81% до 81,4%, тогда как доля железнодорожных перевозок - с 7,6% до 7,8%.

Территориальное распределение железнодорожной инфраструктуры определялось рентабельностью ее использования и характеризовалось показателем 18,2 тыс. поездо-километров в расчете на один линейный километр транспортного пути. Наиболее интенсивно используемыми сетями были сети западного направления, особенно сети Нидерландов, где интенсивность использования составляла 50,6 тыс. поездо-километров на один линейный километр транспортного пути. Греция имеет самую низкую интенсивность использования, только 4,8 тыс. поездов-километров. Качество услуг железнодорожной инфраструктуры ЕС определяется тем, что средняя пунктуальность региональных и местных пассажирских перевозок незначительно снизилась (с 93% в 2015 году до 90% в 2018 году). Средняя пунктуальность дальнего следования и высокоскоростных пассажирских перевозок снизилась с 85% в 2015 году до 79% в 2018 году. Снизилась также средняя надежность местных и региональных пассажирских перевозок; доля отмененных услуг увеличилась с 1,4% до 1,9%. В перевозках дальнего следования, в высокоскоростных пассажирских перевозках доля отмененных услуг снизилась с 1,5% до 1,3%.

На начало 2019 года в железнодорожном секторе были трудоустроены порядка 916 тыс. человек, включая 389 тыс. менеджеров железнодорожной инфраструктуры. На железной дороге работают преимущественно мужчины (их доля в числе трудоустроенных составляет 79%); только 21% сотрудников – женщины и их доля колеблется от 51% в Эстонии до 9% в Ирландии. Доля молодых сотрудников (до 30 лет), работающих на железнодорожных предприятиях увеличилась за период с 8,2% до 10,6%. И возрастной состав рабочей силы продолжает вызывать беспокойство, особенно в Испании, Румынии, Греции, Болгарии и Литве, где более 50% сотрудников старше 50 лет. Менеджеры инфраструктуры, как правило, рабочей силы, чем железнодорожные предприятия, но доля более молодых сотрудников также увеличилась с 2015 по 2018 год с 7,9% до 8,3%.

Платформенный PRIME-менеджмент – инновационный метод управления железнодорожной инфраструктурой. Метод основан на сотрудничестве и скоординированном взаимодействии менеджеров железнодорожных грузовых и пассажирских коридоров разных стран-членов ЕС на единой Платформе менеджеров железнодорожной инфраструктуры в Европе, как следствие внедрения Европейской системы управления железнодорожным движением (ERTMS) [4].

Платформа PRIME была создана в конце 2013 года с целью улучшения сотрудничества менеджеров, поддержки реализации европейской железнодорожной политики, разработки контрольных показателей эффективности, обмена лучшими практиками управления. В настоящее время платформа PRIME - это неформальный форум и официальная сеть менеджеров железнодорожной инфраструктуры с масштабными функциями сделать железнодорожный транспорт реальной альтернативой другим видам транспорта, а железнодорожную инфраструктуру безопасной, пунктуальной, надежной, доступной, инклюзивной. Менеджеры желез-

нодорожной инфраструктуры совместно согласовывают ключевые показатели эффективности, актуальные для их бизнеса, создают базу данных об уровне их достижения. Показатели, представленные на платформе PRIME, могут удовлетворить потребности широкого круга железнодорожных экспертов и политиков, демонстрируют широкой общественности достижения железнодорожного сектора по улучшению качества услуг. Каждый из ключевых индикаторов представлен в виде временного ряда и сравнительной диаграммы, в которых содержится характеристика тенденций. Количественные результаты интерпретированы перекрестным сравнением менеджеров, управляющих инфраструктурой в разных странах, в различных географических и политических условиях. Для каждого показателя предоставлена справочная информация о конкретных условиях, в которых работают менеджеры и функционирует железнодорожная инфраструктура, определены факторы влияния в составе климатических, социально-демографических, исторических, политических, экономических, технических условий развития инфраструктуры, предоставления транспортных услуг. Особенная задача платформы PRIME - управление перебоями в движении и временными ограничениями движения. Менеджеры инфраструктуры, сотрудничающие на платформе, принимают скоординированные решения по международному трафику, как в условиях внеплановых перебоев в движении, так и в условиях ограничений движения в связи с ремонтом и обновлением путей. Сотрудничество в этих задачах помогает избежать серьезных ограничений производительности железнодорожной сети, которые могут возникнуть в результате проведения капитальных ремонтных работ на разных маршрутах. В инвестиционных решениях менеджеры обеспечивают функциональную совместимость железнодорожной инфраструктуры, решают проблему замедленной маршрутизации поездов, возникающую в результате организации движения в соответствии с «самым слабым звеном» инфраструктурной цепочки в части осевых нагрузок, грузоподъемности, электроснабжения, длины и массы поезда.

В решении стратегических задач PRIME-менеджмент обеспечивает железнодорожное сообщество, которое содействует экономическому развитию и росту производительности в других транспортных секторах, повышению эффективности транспортной логистики, формированию гибких и интегрированных интермодальных решений.

Список литературы

1. Комплексный план модернизации и расширения магистральной инфраструктуры на период до 2024 г. Утв. Распоряжением Правительства РФ от 30 сентября 2018 г. №2101-р. [Электронный источник]. – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71975292/> (Дата обращения 21.11.2021)
2. Мобильность и транспорт. - [Электронный источник]. – URL: <https://transport.ec.europa.eu/system> (Дата обращения 03.12.2021)
3. Мониторинг железнодорожного рынка. - [Электронный источник]. – URL: https://transport.ec.europa.eu/transport-modes/rail/market/rail-market-monitoring-rmms_en (Дата обращения 04.12.2021)
4. Менеджмент железнодорожной инфраструктуры - [Электронный источник]. – URL: https://transport.ec.europa.eu/transport-modes/rail/market/infrastructure-managers-prime_en (Дата обращения 04.12.2021)

УДК 164.01

ВНЕДРЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЛОГИСТИЧЕСКУЮ ОТРАСЛЬ

Додорина И.В., Литовченко В.Б.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. С развитием инновационных технологий появился новый термин для обозначения промышленной революции, известный как Индустрия 4.0. Инновационные технологии Индустрии 4.0 - отличный инструмент для организации управления бизнес-процессами в цифровой форме. Новые технологии, такие как аналитика больших данных, Интернет вещей, мобильные системы, кибербезопасность, облачные вычисления и многое другое из Индустрии 4.0, предлагают отличные возможности для всех типов бизнес-процессов по преодолению географических барьеров и эффективному управлению международным рынком.

Статья направлена на изучение и внедрение новых технологических процессов в логистическую отрасль. Выявлены различные драйверы и проблемы внедрения новых инновационных технологий.

Ключевые слова: Индустрия 4.0, умная логистика, интернет-технологии, бизнес-среда, искусственный интеллект.

IMPLEMENTATION OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN THE LOGISTICS INDUSTRY

Dodorina I.V., Litovchenko V.B.

Samara, Samara State Transport University

Abstract. With the advancement of innovative technologies, a new term has emerged for the industrial revolution known as Industry 4.0. Innovative technologies Industry 4.0 is an excellent tool for organizing business process management in digital form. Emerging technologies such as big data analytics, autonomous robots, the Internet of Things, cybersecurity, cloud computing and much more from Industry 4.0 offer excellent opportunities for all types of business processes to overcome geographic barriers and effectively manage the international market.

The article is aimed at studying and implementing new technological processes in the logistics industry. Various drivers and problems of introducing new innovative technologies have been identified.

Keywords: Industry 4.0, smart logistics, internet technologies, business environment, artificial intelligence.

С развитием технологий Индустрия 4.0 открыла новую волну управления бизнес-процессами. Эта трансформация затронула все бизнес-процедуры, методы и процессы. Индустрии 4.0 знаменует собой новую промышленную революцию, оцифрованную эру передовых производственных и операционных технологий, интеллектуальных методов цифровых технологий для создания организации без географических барьеров и для объединения миллиардов людей и процессов для более эффективного управления национальным и международным рынком. В этой динамичной бизнес-среде для развития и роста бизнеса требуются более эффективные службы доставки и более быстрое, гибкое, точное и эффективное управление цепями поставок. Переход к цифровизации требует значительных усилий и вложений, но при этом позволяет значительно снизить затраты на логистику. Индустрия 4.0 формируется благодаря развитию таких технологий, как робототехника, аналитика больших данных, блокчейны, искусственный интеллект и Интернет вещей [1].

Цифровизация бизнес-процессов, производственных сетей и цепей поставок продукции побуждает компании принимать более обоснованные решения. Индустрия 4.0 дает компаниям доступ к информации и аналитике в реальном времени по всему миру, чтобы принимать более аргументированные решения. Индустрия 4.0 - это высокотехнологичный стратегический план инициативы, в которой используются интернет-технологии для улучшения всех производственных процессов, от производства до продаж и маркетинговых кампаний.

Из-за использования цифровых технологий концепция рынка изменилась с офлайн на онлайн. Технологии, представленные Индустрией 4.0, позволили менее мощным объектам работать вместе с более мощными объектами, чтобы выполнять более интеллектуальные приложения для связи и сотрудничества между устройствами и автономными системами, так чтобы производственные процессы могли быть обеспечены более высоким уровнем интеллекта.

Если мы говорим о беспроводной сети, то ее легко установить даже в удаленных местах, она более масштабируема и обеспечивает постоянный доступ к Интернету. Все интеллектуальные устройства поддерживают беспроводную сеть и имеют несколько датчиков, которые помогают предоставлять актуальную информацию от владельца интеллектуальных устройств. Эта информация может использоваться для различных приложений, например для обратной связи с клиентами [2].

Индустрия 4.0 дала новую парадигму универсального технологического развития в деловом мире. Проанализировав ряд технологических драйверов, таких как облачные вычисления, когнитивные вычисления, мобильные технологии, анализ больших данных, робототехника и кибербезопасность и т.д. можно сказать, что все эти технологии оказали серьезное влияние на бизнес-модели, исчезновение географических границ бизнес-экосистемы и децентрализацию логистической системы. Таким образом, Индустрия 4.0 - это интегрированный, оптимизированный, адаптированный, сервисно-ориентированный и совместимый процесс, который коррелирует с большими данными и высокими технологиями.

Индустрия 4.0 повлияла почти на все отрасли и больше всего на производство, а также на отрасль, с которой она тесно связана, - это логистика. Логистические компании используют информационные технологии в основном для повышения эффективности и автоматизации рабочих процессов. В логистической отрасли цифровые ИТ-приложения улучшают анализ, коммуникацию, проектирование и оптимизацию процессов. Индустрия 4.0 в логистике приведет к трансформации и созданию интеллектуальных логистических решений «умной логистики».

Следовательно, исходя из предположения, что Индустрия 4.0 реализует массовую настройку, необходима соответствующая система Логистика 4.0, поскольку производственные системы выходят из строя, если связь между производителями и клиентами является хрупкой.

Использование беспилотных автомобилей, дронов и роботов очень помогает быстро, легко и надежно выполнять задачи по производству и упаковке товара. Необходимость прозрачности, чтобы доставлять нужные продукты в нужное время, в нужное место, в нужном количестве и качестве по разумной цене, является фундаментальной в логистике и цепочке поставок.

Также необходимо отслеживать и анализировать текущее местоположение груза в режиме реального времени. Например, с помощью мультисенсорных трекеров, использующих сотовую связь, мы можем предоставлять информацию в реальном времени, осуществлять мониторинг и анализ местоположения, климата и целостности груза. Использование программного обеспечения GPS уже обеспечивает частые обновления, точное местоположение и информацию о продукте в режиме реального времени. Тенденция к внедрению Индустрии 4.0 превращает логистику в «умную индустрию».

Чтобы делиться временем и информацией, нам нужно быть подключенными к информации в режиме реального времени. Внедрение Индустрии 4.0 необходимо для снижения рисков, связанных с сектором логистики и управлением цепями поставок.

Четвертая промышленная революция меняет традиционные методы и бизнес-процессы в промышленности за счет внедрения промышленного Интернета вещей и киберфизических производственных систем. Понятия «умный дом», «умный автомобиль», «умное образование» и «умные города», «умная логистика», «умная цепочка поставок» и т. д., теперь хорошо знакомы даже не специалисту. Цифровая трансформация в Индустрии 4.0 сделала системы более организованными, гибкими и прозрачными. Таким образом, это относится ко всей входящей, внутренней и исходящей логистике.

Индустрия 4.0 основана на повсеместном доступе в Интернет, обмене данными и расширенном анализе данных. Это не только повысит эффективность производства, но и позволит массово производить продукцию по индивидуальному заказу в соответствии с требованиями клиентов. Она также заботится о здоровье и безопасности персонала, качестве условий труда и улучшении баланса между работой и личной жизнью, чтобы более счастливые сотрудники производили более качественные продукты, были более продуктивными и новаторскими [3].

Индустрия 4.0 включает техническую интеграцию киберфизических систем в производство и логистику, в производственные процессы.

Чтобы полностью реализовать потенциал Индустрии 4.0. было идентифицировано в основном девять технологий. К таким технологиям относятся:

- Анализ больших данных
- Автономная робототехника
- Моделирование
- Горизонтальная и вертикальная системная интеграция
- Интернет вещей
- Кибербезопасность
- Облачные вычисления
- Аддитивное производство
- Дополненная реальность

Дополнительные технологии, такие как:

- Искусственный интеллект
- Мобильные технологии
- 3D-печать

Очень быстрыми темпами добавляются и другие инновационные технологические процессы.

Индустрия 4.0 изменила рабочий процесс в логистике и управлении цепями поставок. Цифровизация процессов, интеграция и мониторинг, отслеживание и анализ технологий помогли сделать бесперебойную (сквозную) логистику и процессы управления цепями поставок и значительно повысить общую эффективность и результативность. Некоторые из процессов, реализованных в этом секторе, объясняются:

- Использование сенсорных технологий для чувствительных к климату продуктов, используемых в высокотехнологичной фармацевтической промышленности, производстве продуктов питания и напитков.

- Это также создало удобство в сфере грузоперевозок, применив технологию измерения веса и размеров, которое автоматически регулирует груз в соответствии с требуемыми размерами контейнеров.

- Использование экспоненциальных технологий, включая робототехнику, искусственный интеллект позволили создать более организованные складские услуги.

Все технологии, которые внедряются или планируются к внедрению в ближайшем будущем, сделали процесс более эффективным и действенным, сократили время доставки и повысили надежность обслуживания, а также сделали процесс более прозрачным, гибким, более быстрым и простым для всех [4].

Внедрение технологии упростило бизнес-процессы в логистике и управлении цепями поставок:

- Повышенная прозрачность и точность;
- Решение на основе данных, ведущее к экономии затрат;
- Расширение сетей и сотрудничества;
- Улучшенное управление складом;
- Интеллектуальная логистика и решение SCM;
- Большая гибкость.

Исследование о знании Индустрии 4.0 включает в себя как первичное исследование, так и вторичное. Первичные данные собираются у респондентов путем анкетирования. Анкета

включала в себя уровень осведомленности об Индустрии 4.0, важных для компании аспектах, внедрении Индустрии 4.0, проблемах, а также будущих планах по внедрению Индустрии 4.0. Респонденты были выбраны случайным образом. Из 150 отправленных электронных писем на 121 был дан ответ, что соответствует 80,6% ответов.

Данные собраны у молодых специалистов, работающих в разных организациях. Респонденты были из разных возрастных групп. Результаты показывают, что большинство респондентов 39,7% были из возрастной группы 26-30 лет. 24,8% респондентов были в возрастной группе 20-25 лет, 14% респондентов были в возрастной группе 31-35 лет и 21,5% были в возрасте старше 35 лет.

Так как общее количество респондентов составило 121, из них 62 мужчины, то есть 51,2%, и 59 женщин, то есть 48,8%. Большинство респондентов имели высшее образование и работают в сфере логистики.

Большинство респондентов 46,3% имеют средние знания о Индустрии 4.0, 19,8% демонстрируют хорошее знание Индустрии 4.0, а 10,7% респондентов не знают о Индустрии 4.0.

Индустрия 4.0 - внедрение различных технологий: сенсорные технологии, мобильные устройства, встроенные системы, облачные технологии, Интернет вещей, анализ больших данных, робототехника и др. Опрос показал, что 73,6% людей знают о различных приложениях в мобильных устройствах и 69,4% осведомлены об Интернете вещей.

Индустрия 4.0 позволяет использовать цифровые технологии в любых организациях. 41,3% респондентов согласны с тем, что Индустрия 4.0 очень актуальна и ведет к общему повышению конкурентоспособности компании.

11 респондентов определили, что использование Индустрии 4.0 широко используется в ИТ-отделах, 43,8% - в логистике и 38,8% - в производственных отделах.

Индустрия 4.0 имеет различные аспекты, которые могут по-разному влиять на организацию, используется при планировании и составлении графиков производства, в управлении закупками и запасами, в управлении складированием, а также в интеллектуальной логистике.

70,2% респондентов указывают, что внедрение Индустрии 4.0 приводит к сокращению времени и затрат, а также к улучшению услуг. Однако 8,3% респондентов заявляют, что Индустрия 4.0 не приносит пользы их организациям.

Несмотря на то, что внедрение Индустрии 4.0 дает множество значительных преимуществ, существует ряд серьезных проблем и препятствий, которые необходимо учитывать и решать. От недостатка знаний, отсутствия технологических ограничений, операционных, культурных и экологических проблем, вопросов конфиденциальности, вопросов цифровизации и анализа данных до отсутствия желания и готовности сотрудников - все это проблемы, которые необходимо изучить, а затем найти лучшее решение.

54,5% респондентов считают, что вопросы кибербезопасности, конфиденциальности и нехватка специальной рабочей силы являются важными вопросами, которые необходимо учитывать.

Результат исследования показывает, что новые технологии, внедренные в организации, очень важны, потому что они приносят значительные выгоды для организации. Однако необходимо повышать информативность и расширять знания об адаптации этих изменений к бизнес-моделям, чтобы извлекать все больше преимуществ и минимизировать риски и препятствия.

Индустрия 4.0 может значительно изменить способ работы компаний и добиться значительных преимуществ в виде большей прозрачности, гибкости, качества и эффективности процессов.

Список литературы

1. Kurnikova, M. V. Technological Paradigms of Digital Competences Development / M. V. Kurnikova, I. V. Dodorina, V. B. Litovchenko // Lecture Notes in Networks and Systems. – 2021. – Vol. 133. – P. 113-122. – DOI 10.1007/978-3-030-47458-4_14.

2. Шалдыбин, И. И. Электронный документооборот в логистике / И. И. Шалдыбин, В. Б. Литовченко, И. В. Додорина // Наука и образование транспорту. – 2020. – № 1. – С. 219-222.
3. Додорина, И. В. Совершенствование логистической системы предприятия / И. В. Додорина, В. Б. Литовченко // Наука и образование транспорту. – 2019. – № 1. – С. 210-215.
4. Santos, B. P., Charrua-Santos, F., & Lima, T. M. (2018). Industry 4.0: An Overview. In Proceedings of the World Congress on Engineering (Vol. 2).

УДК 656.34

ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ В ОАО «РЖД»

Ильичева Ю. А., Лисюкова Е.В.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. Актуальность данной статьи обусловлена тем, что для того, чтобы принять ряд управленческих решений, которые принесут необходимый результат, в условиях активно развивающейся рыночной экономики предприятию требуется рациональная система управления, точно отражающая нынешнюю экономическую ситуацию. Наличие хорошо и слаженно функционирующей системы управления в организации является ключом к ее дальнейшему успеху и конкурентоспособности.

В данной статье мы рассматриваем инновационные методы управления в ОАО "РЖД", крупнейшей на данный момент транспортной компании в мире. Это дает представление об организационных структурах и процессах управления технологиями, благодаря которым Российские железные дороги перешли от обыкновенного импорта высоких технологий к тому, чтобы стать основой технологичного роста и развития для Российской Федерации.

Ключевые слова: инновация, РЖД, корпоративная система управления

Innovative management methods in JSC "Russian Railways"

Ilicheva Y. A., Lisukova E.V.

Samara, Samara State Transport University

Abstract. The relevance of this article is due to the fact that in order to make a number of management decisions that will bring the desired result, in an actively developing market economy, an enterprise needs a rational management system that accurately reflects the current economic situation. Having a well-functioning management system in an organization is the key to its continued success and competitiveness.

In this article, we review innovative management practices at Russian Railways, currently the largest transport company in the world. This provides an insight into the organizational structures and technology management processes that have moved Russian Railways from a mere import of high technology to becoming the backbone of technology growth and development for the Russian Federation.

Keywords: innovation, Russian Railways, corporate management system

В современных условиях качественной оценкой состояния и развития компаний является их инновационность, иначе говоря восприимчивость к различного вида новшествам, инновациям, научно-техническому прогрессу, применению информационных технологий, передовых знаний. Актуальной становится проблема разработки предложений, реализация которых будет благоприятствовать осуществлению инновационных проектов. При этом особую значимость приобретает стратегическая ориентация на развитие инновационного мышления, изменение характера инновационности человеческого капитала.

Цель исследования: провести анализ инновационных методов управления в компании ОАО «РЖД».

Задачи данной статьи:

- Изучение корпоративной системы управления инновациями ОАО «РЖД»;
- Анализ основных принципов организации инновационного процесса ОАО "РЖД".

Корпоративная система управления инновациями ОАО «РЖД» представляет собой единую совокупную систему влияния на инновационный процесс. Цель вышеупомянутой системы - получение продуктов и технологий, более подходящих рыночным условиям для удовлетворения нужд подразделений компании в современном оборудовании и технологиях и обеспечения реализации единой инновационной политики.

Особо важная составляющая инновационной политики - стимул к развитию перспективных транспортных технологий и безопасности движения, их создание позволило бы железнодорожному транспорту перейти на качественно новый уровень развития. Это, в свою очередь, обеспечит стабильность и эффективность работы, а также поспособствует увеличению прибыли ОАО "РЖД" и удовлетворению потребностей клиентов.

Концептуальная схема системы управления инновациями в ОАО «РЖД» представлена на рис. 1[1]



Рис. 1. Концептуальная схема корпоративной системы управления инновациями

На данный момент в ОАО «РЖД» сформирована система управления инновациями (рис. 2), в которой используется полный цикл разработки проекта — от расчета точных оценок и ожидаемых показателей развития до получения оценок новых продуктов и их эффективности.

Организация инновационного процесса в ОАО "РЖД" является основным фактором обеспечения эффективности его деятельности, основными принципами которой являются:

1. Централизация управления;
2. Единство инновационной и технической политики;

3. Координация деятельности всех подразделений участников инновационной деятельности.

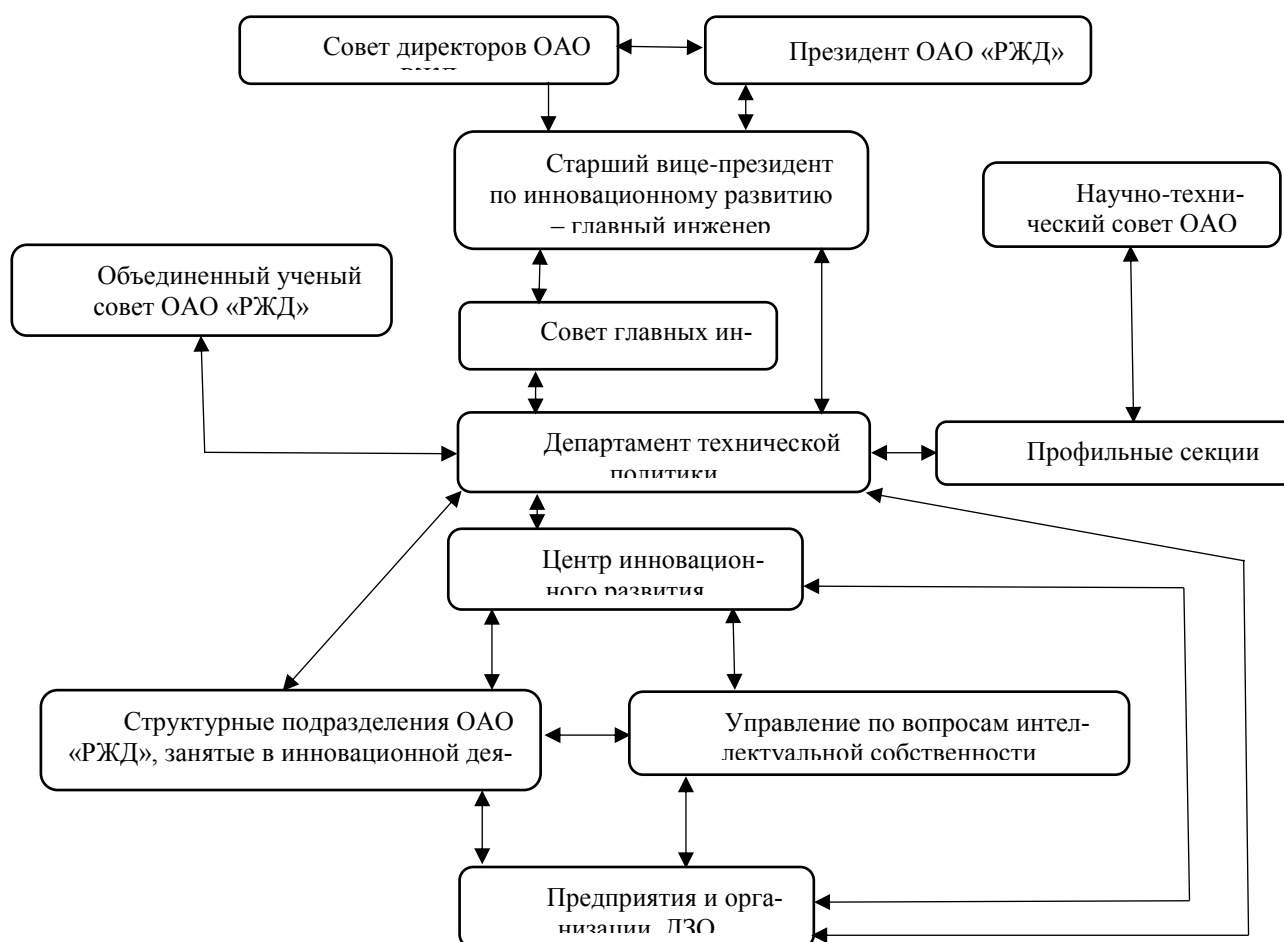


Рис. 2. Схема управления инновационной деятельностью ОАО «РЖД»

Централизация управления инновационными процессами достигается за счет использования сложившихся механизмов корпоративного управления внутри холдинга и реализации единой технической и инновационной политики в ОАО «РЖД». Наиболее результативные процессы, связанные с деятельностью всех структурных организаций, а также подразделений ОАО «РЖД», которые фиксируют последствия интеллектуальной деятельности, могут привести к созданию системы, коммерциализации и использованию интеллектуальной собственности. Данные структуры нужны для обеспечения реализации организационных и управленческих мероприятий, которые направлены на создание высокотехнологичной конкурентоспособной научно-технической продукции, а также использование результатов, исследований и разработок, созданных за счет ОАО "РЖД" и интеллектуальной собственности, принадлежащей данной компании в инновационном процессе.

Подводя итоги статьи, можно отметить, что качественно выстроенная в компании система реализации инновационной политики позволит не только реализовать задачи, определенные государственной политикой в области инновационной деятельности, но и даст возможность получить ощутимые, и, что немаловажно, долгосрочные результаты в развитии Российского железнодорожного транспорта.

Список литературы

1. Терешина Н.П., Дедова И.Н., Соколов Ю.И., Подсорин В.А. Управление инновациями на железнодорожном транспорте: монография / Под общ. ред. доктора экон. наук, проф. Н. П. Терешинной. – М.: МИИТ, 2014. – 304 с.
2. Зябиров, Х.Ш. Современные технологии в управлении перевозочным процессом на железнодорожном транспорте : [монография] / И.Н. Шапкин; Х.Ш. Зябиров .— Электрон. изд. — Москва : Финансы и статистика, 2021 .— 482 с.
3. Шилкина, Е. Л. Теория и практика стратегического управления и контроля : учебное пособие / Е. Л. Шилкина, Е. Н. Тованчова. — Ростов-на-Дону : РГУПС, 2020. — 110 с.

УДК 338.47:627.325

**АНАЛИЗ ЛОГИСТИЧЕСКОГО РЫНКА С ПРИМЕНЕНИЕМ
МЕТОДА BUILD-TO-SUIT (BTS)**

Лисюкова Е.В.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. В данной статье рассматривается текущее состояние логистического рынка, спрос и предложение аренды складов, метод build-to-suit (BTS).

Ключевые слова: логистический рынок, арендные ставки, спрос и предложение складов, метод build-to-suit (BTS).

**ANALYSIS OF THE LOGISTICS MARKET USING THE BUILD-TO-SUIT (BTS)
METHOD BY**

Lisyukova E.V.

Samara, Samara State Transport University

Abstract. This article discusses the current state of the logistics market, the supply and demand of warehouse rentals, the build-to-suit (BTS) method.

Keywords: logistics market, rental rates, warehouse supply and demand, build-to-suit (BTS) method.

На сегодняшний день достаточно сложно однозначно ответить на вопрос: что же ожидает логистический рынок в наступившем году? В настоящее время в РФ можно увидеть неблагоприятные тенденции по объёму и по сокращению площадей склада. Эксперты не дают положительных прогнозов на 2022 год.

В 2021 году убывающее движение показывают все виды транспорта по платным перевозкам груза. Исходя из данных Росстата, в сентябре было перевезено 252,5 млн тонн грузов, а это на 5,4% меньше, чем за сентябрь 2020 года.

Если рассматривать более точно, существенно сократились грузоперевозки такими видами транспорта, как: водный, морской, воздушный.

Ценовой объём рынка платных грузоперевозок автомобильным транспортом может достичь 872 млрд рублей, что на 5,5 % обозначит рост по сравнению с 2021 годом по данным М. А. Research.

Если подумать, то хорошая динамика ниже, чем в 2021 году, когда ценовой объём рынка стал больше на 6,8%.

Темпы роста автомобильных грузоперевозок замедлились, так как снизился объём перевезённых грузов из-за снижения доходов населения, застоя промышленного производства и строительства. Прогнозируется, что по итогам года, произойдёт рост ценового объёма рынка за счёт увеличения дальности автоперевозок при минимальном повышении средней доходной ставки.

В 2021 году был зафиксирован повышенный спрос на склады, который прослеживается в объёмах сделок за последние 10 лет, что зависит от объёма прогрессивного строительства.

Арендные ставки растут в течение всего года, а складов все равно не хватает. По прогнозам ведущих специалистов в логистике, в 2022 году ситуацию усугубит то, что возросла стоимость строительства новых складов.

Проблема со складами очень остро стоит в стране, рост мировой и российской экономик замедляется. Таким образом, можно прогнозировать замедление темпов роста грузовых перевозок, что будет сопутствовать кризисным явлениям.

В прошлом году рост строительства составил 45 % по сравнению с предыдущим годом. Если рассматривать склады BTS, в числе самых больших можно выделить распределительные центры компаний Leroy Merlin (127 800 кв. м), IKEA (80 000 кв. м), «Лента» (71 000 кв. м), Wildberries (48 900 кв. м).

В южном и северном направлениях построили – 31 % и 20 %.

Таблица 1

Крупные склады 2021 года

Объект	Направление	Площадь, кв. м	Класс	Шоссе, км от МКАД
«PNK Парк Новая Рига»	Запад	30000	A	Новорижское
Технопарк «Софьино»	Юго-Восток	39100	A	Новорязанское
РЦ Wildberris	Юг	48900	A	Симферопольское
Томилино	Юго-Восток	50000	A	Новорязанское
«Лента»	Юг	71000	A	Симферопольское
ИКЕА	Север	80000	A	Ленинградское
«Атлант Парк»	Восток	109000	A	Горьковское
РЦ Leroy Merlin	Север	127700	A	Дмитровское

Спрос на аренду складов остается на стабильно высоком уровне, а именно 1,5 млн кв. м.

Основной объём площади занимают компании, занимающиеся розничной торговлей - 75 %, e-commerce – 8 %.

Минимальными значениями обозначилась вакансия, если рассматривать последние 5 лет, составив 4 %, за 2021 год снизилась на 1 п.п. Активно вводят в пользование объекты складов девелоперы, но спрос на готовые здания сдерживается нехваткой помещений. Соответственно, арендаторы стараются выбирать площади в строящихся объектах.

В текущем году девелоперы попытаются остаться на том же уровне вакансии, чтобы была возможность увеличивать рост цен.

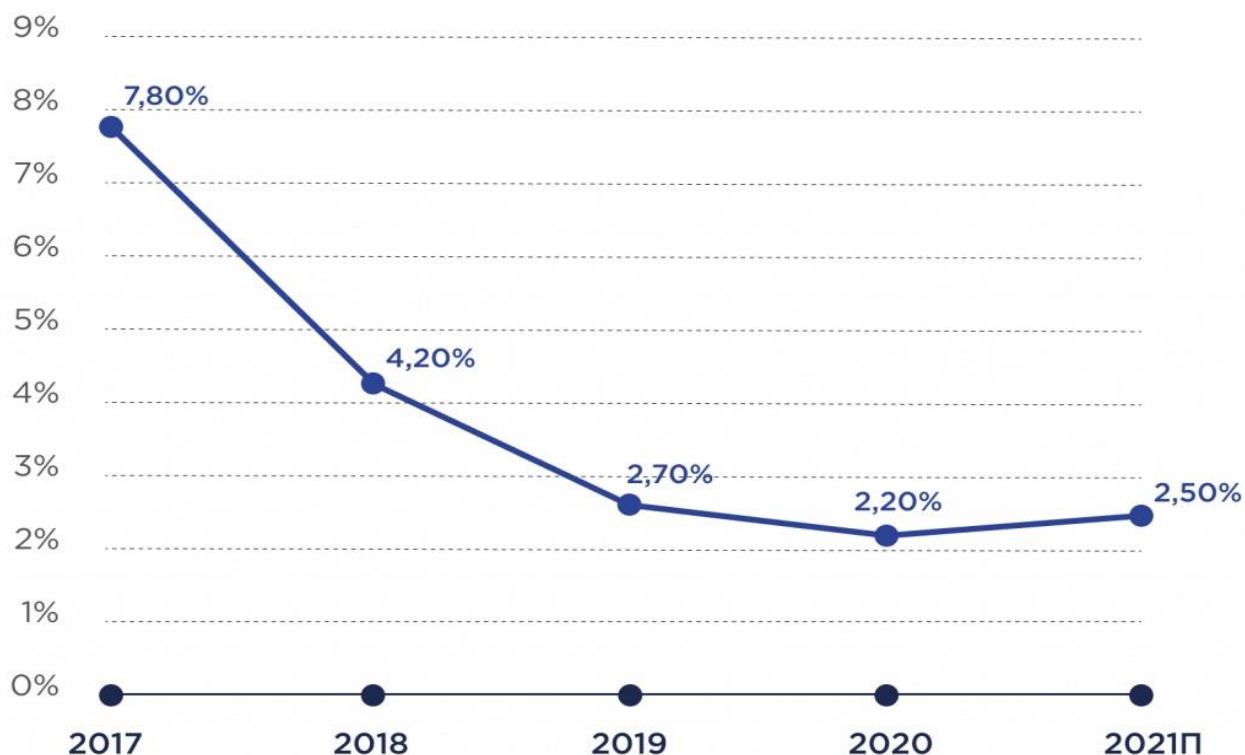


Рис. 2. Зависимость свободных площадей

В 2021 г. тариф на складские площади вырос, составив для класса А – 4200 руб./кв. м/год, для класса В – 3900 руб./кв. м/год.

В 2021 году продолжится курс на рост арендных ставок, даже учитывая активное завершение строительства складов. Недостаток на данный момент ликвидных «готовых» складов и факт законтрактанности большей части нового вводимого предложения будут благоприятно сказываться на росте ценовых показателей.

В целях оптимизации, уже существующих мер по снижению затрат на складскую логистику, тенденции к снижению роста арендных ставок, я предлагаю воспользоваться методом build-to-suit (BTS). BTS – механизм строительства зданий согласно требованиям резидента. Резидент получает в оговоренные сроки объект такой, какой нужен именно ему. Экономия составит порядка 15-20 %. Плюсами технологии BTS являются: получение резидентом в четко оговоренный срок и объект полностью адаптирован под резидента.

Безусловно, предложенные мероприятия, будут полезны для развития логистического рынка в 2022 и последующих годах.

Список литературы

1. О. Мамаев «Build-to-suit в России: большие риски или большие возможности?» Журнал практической логистики Склад и техника.
2. Рамблер финансы <https://finance.rambler.ru/realty/43189561-logisticheskii-rynok-rossii-zhdet-spad/>.
3. Таможенно-логистический портал Виртуальная таможня http://vch.ru/event/view.html?alias=itogi_2022_goda_na_rynke_skladskoi_nedvighimosti
4. Лисюкова Е.В. Способы уменьшения затрат при организации грузопереработки склада. – Наука и образование транспорту: материалы XII Международной научно-практической конференции (2019, Самара). Международная научно-практическая конференция «Наука и образование транспорту», 2019 г. Том 1 [Текст] / редкол.: И.К. Андрончев [и др.] – Самара: Сам-ГУПС, 2019. – 426 г. Самара: СамГУПС. 2014. – 159 с.

УДК 656.078.1

ТЕХНОЛОГИЯ БЛОКЧЕЙН В ОРГАНИЗАЦИИ КОНТРЕЙЛЕРНЫХ ПЕРЕВОЗОК

Пацев Ю.П., Денисов Д.А.

Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. В данной статье рассмотрена возможность применения технологии блокчейн в логистической цепи поставок. Использование данной технологии дает возможность регулирования процессов взаимодействия всех сторон перевозочного процесса по средствам внедрения смарт-контрактов, особенно актуальных при организации контрейлерных перевозок на сети железных дорог.

Ключевые слова: контрейлерные перевозки; технология блокчейн; смарт-контракт; клиентоориентированность.

BLOCKCHAIN TECHNOLOGY IN THE ORGANIZATION OF PIGGYBACK TRANSPORTATION

Patsev Yu.P., Denisov D.A.

Samara. Samara State Transport University

Abstract. This article considers the possibility of using blockchain technology in the logistics supply chain. The use of this technology makes it possible to regulate the processes of interaction between all parties to the transportation process through the implementation of smart contracts, which are especially relevant when organizing piggyback transportation on the railway network.

Keywords: piggyback transportation; blockchain technology; smart contract; customer focus.

Процесс организации доставки грузов сопряжен с большим количеством дополнительных операций связанных с оформлением договоров взаимодействующих сторон. А процесс взаимодействия в организации комбинированных перевозок несет за собой еще большие сложности, так как в данном процессе задействовано несколько участников. Зачастую, происходит несоблюдение договорных обязательств и как следствие увеличение доли неудовлетворенных клиентов и их потеря. Клиентоориентированность – важное направление развития любой компании, в том числе и ОАО «РЖД». Крупные западные компании, перешли на клиентоориентированность еще в 2000-х годах, при этом основным вектором развития данного направления, являлось решение проблемы именно клиентов, на первый план выдвигается их «головная боль». В этом случае транспортная компания переходит от учета своих затрат к учету ценности, которую получает заказчик. Тогда цена товара или услуги становится функцией ценности. Внедрить ценностное мышление непросто, оно радикально меняет корпоративную культуру. При этом необходимо перейти от декларации нового направления к реальному поведению, к переводу корпоративных целей в целевые показатели персонала всех уровней. В России клиентоориентированность понимают иначе, чем за рубежом. В нашей стране бизнес в значительной степени ориентирован на продукт, и иногда единственной формой маркетинга являются скидки [1].

Бурно развивающиеся технологии позволяют оптимизировать многие процессы организации доставки груза нацеленные на развитие клиентоориентированных принципов. Одной из таких технологий является технология блокчейн. Это достаточно молодое и амбициозное направление, меняющее координально качество взаимодействия участников перевозочного процесса. Технология блокчейн представляет собой последовательную и непрерывную цепочку компонентов, содержащих определенную информацию, выстроенную строго по определенным критериям. Это могут быть переводы денежных средств, сделки, другие операции. По сути, это технология с распределенными базами данных. Отличительной особенностью яв-

ляется то, что информация находится не на одном сервере, а распределена по нескольким узлам, при этом каждый узел может самостоятельно проверять достоверность информации находящейся в других компонентах цепи, а так же контролировать на сколько данная информация корректно совпадает с той информацией, которая размещена в других узлах, другими словами, информация хранится децентрализованно. Так же автоматически происходит принятие решения о добавлении какой либо новой информации посредством согласованности в сети. Такая система является отказоустойчивой, в случае если из системы выпадет какой либо узел или из какого либо узла будет удалена информация, система все равно продолжит работать [2].

Технология блокчейн наиболее актуальна для сфер деятельности, в которых вовлечены множество сторон и правила транзакций не должны меняться. Цепочка поставок включает в себя множество звеньев, начиная от производителя, заканчивая потребителем. Связующим этих звеньев является транспорт. Такое взаимодействие требует наличие общих баз данных с объективной необходимостью в неизменности информации на всем процессе взаимодействия, когда вовлеченные участники процесса имеют разные интересы или просто не доверяют друг другу. Процесс доставки товаров, а особенно сложные схемы с участием нескольких видов транспорта, например организация контейнерной перевозки, является наиболее подходящим к адаптации его к технологии блокчейн. Для каждого участника перевозки продукции от производителей до потребителей, важно понимать на каком этапе находится та или иная партия груза. Для взаимодействующих видов транспорта, такая информация является наиболее актуальной, так как она определяет принципы взаимодействия.

Нужно понимать, что все эти процессы, сопровождаются дополнительными операциями связанными с деятельностью финансовых организаций, экспедиторов, таможни и т.д. На протяжении всего процесса от зарождения продукта до доставки его до потребителя, все эти организации, так или иначе вынуждены обмениваться информацией и документами. Зачастую бывают обстоятельства, в которых информация может исказиться или не поступать вовсе по назначению, тогда могут происходить задержки в процессе и как следствие потери и убытки.

Благодаря технологии блокчейн появляется возможность создания так называемого «умного» контракта (смарт-контракта) – это инструмент договорного обеспечения транспортно-логистической деятельности в условиях цифрового права и технологический инструмент для самостоятельного исполнения договоров. Другими словами, обычный контракт или договор с определенными условиями, переводится в компьютерный код и используется для ввода всех условий договора, заключенного между сторонами сделки, в блокчейн. В реальном мире он исполняется и по результатам выполнения определенных этапов, информация передается в сеть и моментально оказывается у каждой заинтересованной стороны. Обязательства участников предоставляются в интеллектуальном контракте в форме «если - то» (например: «если Сторона А переводит деньги, тогда Сторона В, оказывает транспортную услугу»). Могут быть два или более участников, и они могут быть отдельными лицами или организациями. Как только данные условия будут выполнены, смарт-контракт самостоятельно выполняет транзакцию и гарантирует, что соглашение будет соблюдаться.

Реализация проекта упростит существующие бизнес-процессы в организации грузоперевозок, обеспечит всех участников смарт-контракта достоверной и своевременной информацией о его исполнении. Создание и внедрение данной технологии исключит все бумажные документы, а также изначально оговоренные условия не будут требовать дубликатов. За счёт сокращения потерь, связанных с обработкой первичной и другой документации, произойдет оптимизация операционной деятельности. Применение нового способа взаимодействия, позволит снизить затраты, связанные с актово-претензионной работой. В целом появится возможность создания эффективной системы взаимного обмена активами, моментального исполнения взаимных обязательств сторон, предусмотренных законодательством РФ, а также реализует систему фиксирования и исполнения предварительных условий, связанных с перевозкой грузов, согласовываемых на этапе заключения смарт-контрактов, для исключения споров при возникновении тех или иных событий.

К основным преимуществам использования смарт – контрактов можно отнести следующее:

Скорость. Обработка документов вручную занимает много времени и задерживает выполнение задач. Смарт – контракты предполагают автоматизированный процесс и в большинстве случаев не требуют личного участия, что экономит драгоценное время;

Независимость. Смарт-контракты исключают возможность вмешательства третьих сторон. Гарантия на транзакцию — сама программа, которая, в отличие от посредников, не даст основания сомневаться в ее целостности;

Надежность. Данные, записанные в блокчейн, не могут быть изменены или уничтожены. Если одна сторона сделки не выполняет свои обязательства, другая сторона будет защищена условиями интеллектуального договора. Нет ошибок - система выполнения транзакций автоматизирована и отсутствие человеческого фактора обеспечивает высокую точность при выполнении контрактов;

Сбережения. В настоящий момент времени в цепочки поставок может быть задействовано достаточно большое количество компаний посредников, таких как экспедиторы, которые организуя перевозки, зачастую просто состыковывая участников перевозочного процесса, банки и аккредитивы, которые выступают в роли доверителей. Очевидно, наличие посредников удорожает весь процесс в целом и как следствие повышает стоимость товара для потребителя. При использовании технологии блокчейн появится возможность исключить все ненужные звенья, которые добавляют свои комиссии и система ценообразования станет прозрачной и понятной для каждого участника перевозочного процесса. В результате это позволит удешевить конечный продукт [3].

Применение смарт-контракта обеспечивает контроль информационного обмена с объектами интернета вещей (IoT) и реагирования путем подачи сигнала в момент нарушения параметров объекта IoT установленных в «умном» договоре [4]. Обеспечивается возможность электронного документооборота перевозочных документов, а так же проведение расчетов между заказчиком и исполнителем перевозки по факту ее исполнения в строгом соответствии с условиями указанными в договоре.

В ближайшей перспективе развития блокчейн технологий в логистики, и в частности организации контрейлерных перевозок, как в разновидности смешенного сообщения, позволит организовывать проведение аукционов среди поставщиков товаров и услуг, чтобы обеспечить независимое определение победителя и зафиксировать результаты торгов минуя посредников. В процессе организации доставки груза в автомобильно-железнодорожном сообщении передавать данные этапов доставки заинтересованным сторонам, а так же применять контроль и управление документооборотом перевозочных документов. По результатам выполнения условий договора перевозки, автоматизировать расчеты между всеми участниками перевозочного процесса.

Благодаря применению технологии интернета вещей появится возможность обеспечить контроль и управление объектами доставки с использованием датчиков, электронных пломб, систем отслеживания. Что в свою очередь даст возможность контролировать весь процесс перевозки, при этом каждый участник сможет проверить где и в какой момент времени находился груз и что с ним происходило.

Список литературы

1. Блокчейн умных перевозок. [Электронный ресурс]. Дата обращения 5.01.22 г. <https://gudok.ru/zdr/169/?ID=1484923>
2. Примеры технологии блокчейн в логистике и ее внедрение. [Электронный ресурс]. Дата обращения 5.01.22 г. <https://merehead.com/ru/blog/top-benefits-blockchain-logistics-use-cases/>
3. Автономность и безопасность. Как работают смарт-контракты [Электронный ресурс]. Дата обращения 6.01.22 г. <https://www.rbc.ru/crypto/news/600bd6409a79473b23a6d3c4>
4. Топ 5 блокчейн проектов в сфере логистики. [Электронный ресурс]. Дата обращения 6.01.22 г. <https://digiforest.io/blog/blockchain-in-logistics#rec66472506>

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ И ОЦЕНКА РЕГИОНАЛЬНОЙ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ПРИВОЛЖСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА

Хайтбаев В.А.¹, Дорошев С.С.²

¹Самара, Самарский государственный университет путей сообщения,

²Вольск, Вольский военный институт материального обеспечения

Аннотация. В работе проведен сравнительный анализ и оценка текущего состояния транспортно-логистической инфраструктуры Самарской, Саратовской, Оренбургской и Ульяновской областей. На основе поэтапного и последовательного анализа включающего площадь территории, численность населения, структуру валового национального продукта, сеть железных и автомобильных дорог, узловые станции, речные порты, аэродромы, рынок складской недвижимости, систему управления социально-экономическую, включая транспортно-логистическую инфраструктуру, сделаны выводы об их текущем состоянии. Проведенный сравнительный анализ показал, в границах Приволжского федерального округа на примере выбранных областей, слабые и сильные стороны каждого региона в контексте влияния экономических показателей, включая транспортно-логистические, на уровень социально-экономического потенциала. В заключении, дана оценка транспортно-логистической составляющей экономической инфраструктуры и ее роль в развитии региональных экономик.

Ключевые слова: транспортно-логистическая инфраструктура, сеть железных и автомобильных дорог, складская недвижимость, сравнительный анализ, оценка.

COMPARATIVE ANALYSIS AND ASSESSMENT OF THE REGIONAL TRANSPORT AND LOGISTICS INFRASTRUCTURE OF THE VOLGA FEDERAL DISTRICT

Khaitbaev V.A., Doroshev S.S.

Samara State Transport University,
Volsk Military Institute of Material Support

Annotation. The work carried out a comparative analysis and assessment of the current state of the transport and logistics infrastructure of the Samara, Saratov, Orenburg and Ulyanovsk regions. Based on a step-by-step and sequential analysis, including the area of the territory, population, structure of gross national product, the network of railways and highways, junction stations, river ports, airfields, warehouse real estate market, socio-economic management system, including transport and logistics infrastructure, conclusions were drawn about their current state. The conducted comparative analysis showed, within the boundaries of the Volga Federal District, using the example of selected regions, the strengths and weaknesses of each region in the context of the influence of economic indicators, including transport and logistics, on the level of socio-economic potential. In conclusion, the assessment of the transport and logistics component of the economic infrastructure and its role in the development of regional economies is given.

Keywords. Transport and logistics infrastructure, rail and road network, warehouse real estate, comparative analysis, appraisal.

Введение. Гармоничное развитие и эффективность функционирования экономики любого государства невозможны без стабильного развития его регионов, которые являются составляющими единого экономического пространства страны. Характерным признаком последних лет является неравномерное восстановление экономического потенциала регионов, прежде всего – их отдельных территорий. Региональные диспропорции в значительной степени являются следствием структурных диспропорций экономики страны.

Эффективное управление регионом подразумевает проведение анализа и прогнозирования его социально-экономического развития по отраслям, в том числе по транспортно-логистическому сектору. При этом основные целевые ориентиры определяются на основе прогнозов и приоритетов в совершенствовании хозяйственных комплексов [1].

Априори роль региональных транспортно-логистических систем является базовой, поскольку именно этот сектор обеспечивает связанность территорий, технологических и товарных цепочек, которые в значительной степени влияют на конечную цену товара или услуги.

Поэтому анализ транспортно-логистического потенциала регионов помогает проектировать цепочки поставок, включающие выбор наиболее рациональных маршрутов доставки, мест консолидации, грузопереработки и распределения грузов и выбирать те или иные способы ценообразования.

Информационная база исследования. Для оценки результатов исследования и оценки транспортно-логистического потенциала были выбраны Самарская, Саратовская, Оренбургская и Ульяновская области Приволжского Федерального округа. Анализ проводился на основе статистической базы представленной на официальном сайте Федеральной службы государственной статистике РФ, а также Территориальных органов федеральной службы государственной статистики. Объектами анализа являются основные социально-экономические показатели исследуемых регионов, включая транспортный комплекс и объекты складской недвижимости.

Результаты исследования. Основные показатели уровня социально-экономического развития анализируемых областей показаны в таблице 1.

Таблица 1

Основные макроэкономические показатели регионов*

Показатели	Самарская область	Саратовская область	Ульяновская область	Оренбургская область
Площадь территории, тыс. км ²	53,6	101,2	37,2	123,7
Численность населения на 1 января 2020 г., тыс. человек	3179,5	2421,9	1229,8	1956,8
Среднегодовая численность занятых, тыс. человек	1618,5	1052,2	553,1	875,4
Среднедушевые денежные доходы (в месяц), руб.	29421	22757	23698	24483
Потребительские расходы в среднем на душу населения (в месяц), руб.	25126	18514	19209	19876
Среднемесячная номинальная заработная плата работников организаций, руб.	36431	30717	30677	32883
ВРП, млн руб.	1510519	712545,4	347854,1	1000644
Инвестиции в основной капитал, млн руб.	287615	167900	72019	211726
Основные фонды в экономике (по полной учетной стоимости; на конец года), млн руб.	6032634	3428386	1256128	3207320

*Разработано автором

Анализ основных макроэкономических показателей позволил определить, более лучшие значения показателей по Самарской области, при ее сравнительно малой территории, что указывает на высокую, по сравнению с другими субъектами, экономическую эффективность хозяйственной деятельности. Очевидным аутсайдером в выбранном перечне регионов является Ульяновская область, которая проигрывает по всем показателям. Вероятней всего, такие низкие показатели связаны с небольшой численностью населения региона, слабой развитостью производственной и транспортно-логистической инфраструктуры. Очевидно, численность населения имеет одно из самых важных значений в оценке уровня социально-экономического развития региона.

В месте с тем подобная ситуация позволяет обозначить проблемы развития товаропроводящих сетей в Приволжском федеральном округе, как наиболее приоритетные для решения задач повышения региональных уровней социально-экономического развития. Решение этой

задачи требует достаточно больших объемов инвестиций, размер которых должен быть соразмерен с влиянием товаропроводящих систем на параметры социально-экономического развития региона и ростом его конкурентоспособности [2].

Состояние производственной базы и результаты производственной деятельности подтверждают лидирующие позиции Самарская область, которая имеет ведущие показатели по общему объему отгруженных товаров собственного производства и обороту розничной торговли. Но несмотря на достигнутые позитивные результаты, остаются нерешенными проблемы, сдерживающие развитие аграрного сектора в регионе, одним из которых является низкий уровень технического оснащения, вызванный недостаточным притоком частных инвестиций в развитие отрасли и недостаточной развитостью дорожной сети и объектов складской недвижимости.

На рисунке 1 показаны показатели обеспеченности складами в расчете на 1 м² территории и на 1 млн руб. валового регионального продукта по сравнению с другими регионами РФ [5].

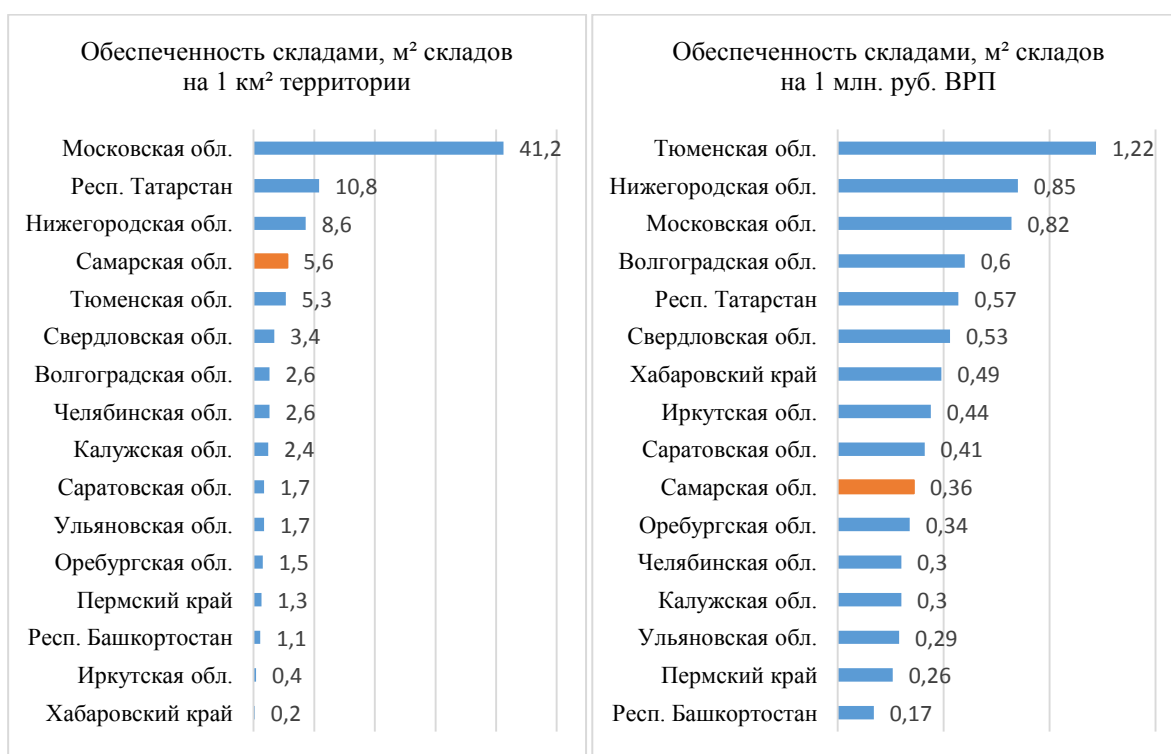


Рис. 1. Показатели обеспеченности складскими помещениями

По показателю обеспеченности складами в расчете на 1 м² территории Самарская область занимает четвертое место, что можно оценить как высокий показатель для региона, который указывает на достаточно высокую плотность и доступность для бизнеса этой логистической услуги. Показатель обеспеченности складами в расчете на 1 млн руб. валового регионального продукта достаточно низкий и указывает на не значительную долю доходов от складской деятельности региона, которая соответственно влияет на размер ВРП. С одной стороны, складская инфраструктура развита, с другой недостаточно востребована. Причинами такой диспропорции могут быть высокие арендные платежи, не достаточная площадь качественной недвижимости класса А и В, низкий уровень механизации и автоматизации, устаревшее технологическое оборудование, не достаточные компетенции как управленческие, так и профессиональные.

В месте с тем, на территории Самарской области преобладают небольшие по размерам склады, используемые малым бизнесом. В целом логика размещения этого производственно-складского сегмента Самары обусловлена расположением путей КВШ ЖД [3] (таблица 2, выборка) [4].

Ключевые складские и производственные комплексы Самары

Название проекта	Адрес	Собственник/ Девело- пер/УК	Класс	ГБА/GL А, кв. м
АО «РОСТРАНС-ТЕРМИНАЛ»	г. Самара, ул. Дзержинского, 46г	АО «РОСТРАНС-ТЕРМИНАЛ»	А	12000/-
Логистический комплекс «Придорожный»	Самарская область, пос. Преображенка, трасса М32	ООО «СамараТранс Авто- 2000»	А	140000/-
Складской комплекс «22-го Партсъезда»	г. Самара, ул. 22-го Партсъезда, 7а	ООО «СамараТранс Авто- 2000»	А	8000/-
Складской комплекс «Черемшанская»	г. Самара, ул. Черемшанская, д. 199	ООО «СамараТранс Авто- 2000»	А	12000/-
Складской комплекс «Верхне- Карьерная»	г. Самара, ул. Вехне-Карьерная, д. 3А	ООО «СамараТранс Авто- 2000»	В	16400/-
Распределительный центр «ПЛЕЙ ЛОГИСТИК»	г. Самара, ул. Товарная, д. 56	ООО«ПЛЕЙ ЛОГИСТИК»	А+	8000/1500
Складской комплекс ответственного хранения	г. Самара, Заводское шоссе, д.15, корп. 2	ООО «Механика Склада»	В+	3000/-
Логистический комплекс Средневожская логистическая компания (СЛК)	Самарская область, г. Кинель, ул. Промышленная, д.13	ООО «Средневожская логистическая компания»	А, В	80000/-

Анализ транспортной и складской инфраструктуры показал значимость автомобильного и железнодорожного транспорта в производственной деятельности регионов. Так, например, в Самарской области на долю автомобильного транспорта приходится около 58-60% объема перевозок грузов, в то время как грузооборот на железнодорожном транспорте составляет 29%. В таблице 2 показана сравнительная характеристика развитости транспортной и складской инфраструктуры регионов.

Анализ таблицы показывает существенные диспропорции по представленным показателям. Так анализ структуры видов транспорта в транспортном балансе показывает преобладание автомобильного транспорта, в том числе с учетом межрегиональных, транзитных и экспортно-импортных перевозок. Очевидна не загруженность железнодорожного транспорта и не значительное использование водного (рисунок 2).

Анализ плотности автомобильных дорог с твердым покрытием на 1000 км² территории показывает хорошие показатели среди выбранных областей, однако по сравнению с западными, северо-западными и юго-западными регионами РФ этот показатель низкий (рисунок 3) [5]. Если проводить сравнение с показателями государств Евросоюза, то отставание оценивается на порядок. Серьезной проблемой является качество и пропускная способность дорожного полотна. Если это автомобильные дороги федерального значения, то качество и пропускная способность, в общем, обеспечивают приемлемый трафик, но их короткая региональная протяженность не обеспечивает базовые принципы доставки – «точно в срок» и «от двери к двери».

Развитость транспортной и складской инфраструктуры регионов*

Показатели	Самар- ская об- ласть	Саратов- ская область	Ульянов- ская область	Орен- бургская об- ласть
Эксплуатационная длина железных дорог, км	1367,7	2296,1	712,3	1491,5
Протяженность водных путей, км	687	709	417	–
Протяжённость автомобильных до- рог, км	17701	17232	9452	20740
Грузооборот автомобильного транс- порта, млн. ткм	4334	2375	1632	2651
Общее число действующих аэропор- тов / аэродромов	3/7	1/11	2/1	2/5
Объем качественной складской не- движимости (класса А и В), тыс. м ²	754	44,6	60	14
Плотность автомобильных дорог об- щего пользования с твердым покрытием, км дорог на 1000 км ² территории	326	170	250	167

*Разработано автором

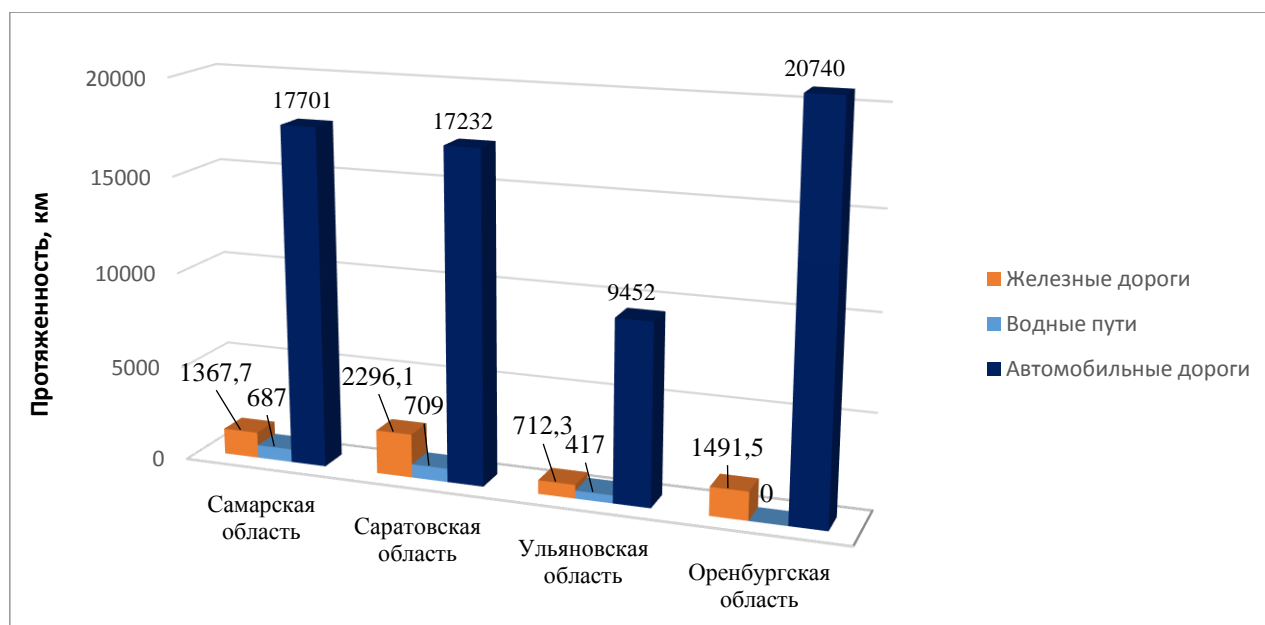


Рис. 2. График сравнения транспортной инфраструктуры

Еще одной значимой проблемой является инфраструктурная и технико-технологическая необустроенность транспортных узлов, в том числе отсутствие крупных транспортно-логистических центров, пунктов перевалки и временного хранения грузов.

Известно, что наличие крупных консолидирующе-распределительных центров (ТЛЦ) обеспечивает уменьшение затрат на логистику, особенно существенное уменьшение происходит на уровне транспортных затрат. Поэтому с учетом внутренних потребностей регионов в перевозках, межрегиональных перевозках и их транзитных потенциалов наличие развитой сети крупных объектов складской недвижимости (ТЛЦ) является необходимой.



Рис. 3. График сравнения плотности автомобильных дорог общего пользования с твердым покрытием

Таким образом, проведенный сравнительный анализ позволил дать предварительную оценку основным социально-экономическим показателям указанных регионов. В этом контексте транспортно-логистический комплекс, в виду характеристик пространственного размещения производительных сил, промежуточных и конечных потребителей можно определить как системообразующий. Развитие региональных транспортно-логистических сетей и активное двустороннее сотрудничество как на макро-, так и на микро- и мезо-уровнях является одним из обязательных условий регионального развития.

Кроме того, анализ показал важную проблему существенных диспропорций в транспортном балансе регионов, где существенно преобладает роль автомобильного транспорта. Наибольшее влияние на это оказывает применяемая система тарифов на железнодорожном и водном транспорте. На этих видах транспорта, в отличие от автомобильного, где возможны «гибкие» тарифы, система тарификация жестко регламентирована внутренними нормативами и поэтому возможность предлагать более выгодные условия перевозки ограничена. Если говорить о водном транспорте, кроме тарифов, здесь ключевой проблемой является физический и моральный износ судов, портовой и водной инфраструктуры. Следствием является «уход» грузов на автомобильный транспорт. Негативные воздействия и последствия автомобильного транспорта на окружающую среду и дорожную инфраструктуру всем известны.

В этом ряду Самарская область, очевидно, представлена более репрезентативно, однако учитывая производственно-научный и транзитный потенциал региона, возможность предоставления качественных и в нужном объеме транспортно-логистических услуг не достаточна, что является одной из причин низкой привлекательности области для потенциальных инвесторов.

Список литературы

1. Смирнов В.В. Современное состояние социально-экономического развития регионов Российской Федерации [Текст]/ В.В. Смирнов//Вестник Чувашского ун-та. -2006.-№6.- С.445-452.
2. Лукиных В.Ф. Модель развития логистической инфраструктуры городской агломерации в Красноярском крае [Текст]/В.Ф. Лукиных, П.Г. Швалов// Journal of Siberian Federal University. Humanities and Social Sciences. Supplement/Красноярский гос. аграрный ун-т. 2015. -№8. -С. 190-208.

3. Информационно-аналитический портал по индустриально-складской недвижимости. [Электронный ресурс]. – Мониторинг производственно-складских помещений в Самаре. URL: <http://hubprom.ru/news/2081>
4. ГИД СКЛАДЫ РФ -2020 <http://xn--80afdbrnh0cyf.xn--p1ai/>
5. Территориальный орган федеральной службы государственной статистики по Самарской области <https://samarastat.gks.ru/>

Научное издание

МЕХАТРОНИКА, АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ НА ТРАНСПОРТЕ

МАТЕРИАЛЫ IV ВСЕРОССИЙСКОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

(Самара, 26–27 января 2022 г.)

Подписано в печать 05.04.2022. Формат 60×90 ¹/₁₆.
Усл. печ. л. 15,1. Тираж 100 экз. Заказ 32.

Издательство СамГУПС.
443022, Самара, Заводское шоссе, 18.
Тел.: (846) 255-68-36.

Отпечатано в Самарском государственном университете путей сообщения.
443022, Самара, Заводское шоссе, 18.
Тел.: (846) 255-68-36.